

УДК 615.322

В. Б. Ларіонов¹, А. О. Цісак², С. С. Бенет²¹Фізико-хімічний інститут імені О. В. Богатського НАН України, Люстдорфська дорога, 86, Одеса, 65080, Україна.²Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра фармакології та технології ліків, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, E-mail: kobernik@onu.edu.ua**ПОЛІФЕНОЛЬНИЙ СТАТУС ТА АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ТРАВИ *THYMUS SERPYLLUM L.***

Фенольні сполуки – найчисельніша і найбільш вивчена група рослинних біологічно активних речовин. Вони беруть участь у різноманітних метаболічних процесах, що зумовлює їхню біологічну активність. Природні поліфенольні сполуки малотоксичні, вони виявляють широкий спектр дії на організм людини. Сьогодні найперспективнішим напрямом прикладних досліджень є вивчення антиоксидантних, антибактеріальних, цитотоксичних властивостей поліфенольних сполук з метою отримання безпечних препаратів природного походження для фармацевтичної промисловості. Пошук нових джерел поліфенольних сполук рослинного походження може бути ефективною, екологічно та економічно вигідною альтернативою їхнім синтетичним аналогам.

В результаті проведених досліджень визначено кількісний вміст ряду біологічно активних речовин (суму поліфенольних сполук, флавоноїдів, гідроксикоричних кислот) в екстрактах *Thymus serpyllum L.*

При дослідженні антиоксидантної активності було виявлено достатньо високий її рівень в екстракті трави чебрецю, показники склали 50% на початку експозиції, зросли до 57,45% через 15 с. Було розраховано, що швидкість реакції автоокиснення адреналіну в дослідній пробі з додаванням екстракту чебрецю повзучого склала 0,0310 опт. од./хв, проти контрольної проби – 0,0446 опт. од./хв, де було використано чистий адреналін, при цьому показник відсотку інгібування реакції при використанні досліджуваного екстракту склав 30,33%.

Ключові слова: фітохімічний аналіз, біологічно активні речовини, поліфенольні сполуки, антиоксидантна активність.

В результаті впливу стресових подій на клітинному рівні спостерігається посилення окисних реакцій, утворюється велика кількість активних форм кисню (АФК), це відбувається за рахунок надмірного продукування енергії електрон-транспортними системами мітохондрій і мікросом, при цьому також збільшується і споживання кисню. Таким чином, активація вільнорадикального окиснення і ліпідної пероксидації, як обов'язковий компонент клітинної відповіді на дію стресорів, і є загальною ланкою механізму індукції стресу, в якій поєднуються ефекти різних стресогенних чинників, що, в свою чергу, призводить до підвищення активності системи антиоксидативного захисту [1].

На будь якому рівні і клітинному, зокрема, система намагається досягти стану рівноваги, тому будь яка дія запускає механізм протидії. Отже, системи антиоксидантного захисту виступають як найважливіші внутрішні сили протидії стресовим ушкодженням і порушенням і сприяють розвитку адаптації.

Утримання стресу у фізіологічних межах та збільшення захисної активності організму є можливим при використанні антиоксидантів, наприклад, з харчовими продуктами та фармпрепаратами [1, 2].

Останнім часом активно вивчають антиоксидантні властивості лікарської рослинної сировини (ЛРС) з метою попередження та корекції окисного стресу (ОС) [3, 4]. Окисно-відновна рівновага в організмі залежить від багатьох факторів, але вирішальну роль у даному відношенні мають активні форми кисню (АФК), генерація яких зумовлює розвиток ОС.

Відомо, що антиоксидантний та антирадикальний ефекти ЛРС досягаються за рахунок наявності неензиматичних молекул, представлених переважно поліфенольними сполуками – флавоноїдами, фенолкарбоновими кислотами, катехінами, стилбенами тощо [5].

Спеції і прянощі – це природні біологічно активні добавки, здатні зробити харчування цілющим і досконалим, оскільки у них містяться вітаміни і мінеральні речовини необхідні організму людини для повноцінної життєдіяльності [6].

Спеції мають різноманітну оздоровчу дію на організм людини: антисклеротичну, антитромботичну, антиканцерогенну, протизапальну, антиаритмічну, антиревматоїдну, антимутагенну, гастропротекторну, ліпідознижуючу. Крім того, спеції мають радіопротекторну (захищає від випромінювання) [7], протиалергічну, антималярійну активність. Спеції інгібують окиснення ліпопротеїдів низької щільності та глікозилювання білків [8].

В останні роки інтерес до спецій зріс в зв'язку з тим, що багато з них мають високу антиоксидантну активність. Вони стали додатковим джерелом природних антиоксидантів: флавоноїдів, фенольних кислот, таннінів, алкалоїдів, фенольних diterпенів і вітамінів [9].

Природні антиоксиданти в спеціях допомагають боротися з оксидативним стресом – надмірним вмістом реакційних оксигено- та нітрогеновмісних сполук, включаючи і вільні радикали, в біологічних рідинах людини.

Оксидативний стрес може виникнути при різних несприятливих факторах: опроміненні (радіаційних, УФ, рентгенівських та ін.), при психоемоційних стресах, при вживанні забрудненої їжі, під впливом несприятливого навколишнього середовища, при сильних фізичних навантаженнях, при курінні, алкоголізмі, наркоманії. Окисний стрес може супроводжувати деякі хвороби. Тривалий стан оксидативного стресу призводить до хвороб, у тому числі найнебезпечніших соціально-значущих. Тому один із найактуальніших напрямків в медицині – це раннє діагностування стану окисного стресу та його пригнічення за допомогою спеціальної антиоксидантної терапії.

Антиоксидантна активність спецій пов'язана з їх хімічним складом, в першу чергу, з присутністю в них поліфенольних сполук [10].

Перспективним об'єктом дослідження є *Thymus serpyllum* L, оскільки ця сировина використовується як спеція під час приготування їжі, а з літературних джерел відомо, що *Thymus serpyllum* містить ряд біологічно активних речовин і, як наслідок, має певний спектр фармакологічної активності [11].

Терапевтична активність рослини пов'язана з великим вмістом біологічно активних сполук. Згідно фітохімічних досліджень трава чебрецю звичайного містить: до 0,5–2,0% ефірної олії з компонентним складом до 360 летких спо-

лук, флавоноїди (лютеолін, апігенін, цинарозид, акацетин, скутеллареїн, норнепетин, байкалеїн, диосметин та ін.), гідроксикоричні кислоти (кавова, ферулова, хінна, хлорогенова, розмаринова), тритерпенові сполуки (олеанолова, урсолова кислоти), амінокислоти, полісахариди, дубильні речовини, неорганічні елементи. Багатий компонентний склад рослин, перш за все, високий вміст тритерпенів, флавоноїдів і гідроксикоричних кислот, сприяє прояві протизапальної, антиоксидантної, антимікробної, детоксикаційної активності [12].

Мета роботи – дослідження вмісту біологічно активних речовин поліфенольної природи (сума поліфенольних сполук, флавоноїдів та гідроксикоричних кислот) в зразках трави чебрецю та визначення антиоксидантної активності його екстракту.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для аналізу використовували спиртово-водний екстракт трави чебрецю, одержаний шляхом настоювання протягом 7 днів.

Вміст флавоноїдів визначали спектрофотометрично [13] в перерахунку на рутин, екстракцію здійснювали 70% етанолом протягом 7 днів. Визначення флавоноїдів без попереднього відокремлення інших компонентів засновано на адитивності значень оптичної густини для всіх компонентів суміші при одній довжині хвилі. Використання такого методу дозволяє визначити суму флавоноїдів в присутності інших поліфенольних сполук, що не утворюють комплексу з алюмінієм хлоридом в середовищі 30–96% спирту.

Визначення вмісту гідроксикоричних кислот проводили спектрофотометрично в спиртовому екстракті, використовуючи загальноприйнятну методику [14], але для здійснення аналізу використовували як екстрагент 50% етиловий спирт.

Аналітичну пробу сировини (0,5 г) подрібнювали, поміщали в колбу місткістю 100 мл, додали 50 мл 70% етилового спирту на настоювали протягом тижня. Екстракт фільтрували через паперовий фільтр в мірну колбу місткістю 100 мл. Екстрагування повторювали ще раз в описаних вище умовах. Отриманий екстракт фільтрували в ту ж мірну колбу, доводили до 100 мл 50% етиловим спиртом і перемішували (розчин А). 2 мл отриманого розчину А переносили в мірну колбу місткістю 25 мл і доводили об'єм 50% розчином етилового спирту до мітки (розчин Б). Оптичну густину розчину Б вимірювали на спектрофотометрі в кюветі з товщиною шару 10 мм при довжині хвилі 328 ± 1 нм. Як розчин порівняння використовували 50% етиловий спирт.

Вміст суми гідроксикоричних кислот у відсотках (X,%) в перерахунку на хлорогенову кислоту і абсолютно суху масу сировини обчислювали за формулою:

$$X = \frac{A * 100 * 25 * 100}{m * 507 * 2 * (100 - W)} = \frac{A * 250000}{m * 507 * 2 * (100 - W)}$$

де А – оптична густина розчину;

m – маса сировини, г;

25 і 100 – об'єми мірних колб, використанні для розведення, мл;

W – вологість сировини,%;

507 – питомий показник поглинання хлорогенової кислоти при 327 ± 1 нм.

Дослідження сумарного вмісту поліфенольних сполук проводили методом Фоліна-Чокальтеу [15] в 50% спиртово-водному екстракті після 7-ми денного настоювання, розрахунки здійснювали за калібрувальним графіком, побудованим за галловою кислотою.

Визначення антиоксидантної активності (АОА) проводили *in vitro*. Як систему, яка продукує супероксидрадикал, брали автоокиснення адреналіну в адренохром у лужному середовищі, використовували 0,1% розчин адреналін гідрохлориду. Для визначення АОА дослідних зразків екстрактів до кювети спектрофотометра вносили 2 мл 0,2 М карбонатного буфера рН 10,55. Після цього в кювету додавали 0,1 мл досліджуваного екстракту. Реакцію запускали внесенням в кювету 0,1 мл 0,1% розчину адреналін гідрохлориду (0,26 ммоль), перемішували та реєстрували реакцію автоокиснення адреналіну. Визначення оптичної густини проводили на спектрофотометрі при довжині хвилі 347 нм проти карбонатного буфера з додаванням зразку екстракту кожні 15 с протягом 105 с.

Для визначення АОА контрольної проби до кювети додавали аналогічні об'єми буферу та адреналіну, а оптичну густину реєстрували проти зразка буферу.

Антиоксидантні властивості екстракту визначаються його здатністю до інгібування автоокиснення адреналіну. В дослідженні використовували модель хіноїдного окиснення адреналіну в лужному середовищі, внаслідок якого утворюється адренохром, що, в свою чергу, сприяє генерації активних форм кисню.

Зміну оптичної густини за одиницю часу (хв) оцінювали як швидкість реакції автоокиснення адреналіну, опт. од./хв:

$$V = \frac{\Delta A}{t}$$

де $\Delta A = A_t - A_0$;

A_t – оптична густина розчину, виміряна через 105 с; A_0 – оптична густина розчину, виміряна відразу після додавання адреналіну; t – час, хв.

Також для дослідних зразків визначали відсотковий показник інгібування реакції за формулою:

$$I = \left(1 - \frac{V_d}{V_k}\right) * 100\%$$

де V – швидкість реакції автоокиснення адреналіну контрольної проби, опт. од./хв; V_k – швидкість реакції автоокиснення адреналіну дослідної проби, опт. од./хв; Рівень АОА розраховували за ступенем гальмування автоокиснення адреналіну в адренохром в динаміці в часі за формулою:

$$АОА = \frac{A_k - A_d}{A_k} \times 100$$

де АОА – антиоксидантна активність,%; A_d – оптична густина досліджуваного зразка; A_k – оптична густина контрольного зразка [16].

Всі визначення проводили в трьох паралелях. Кількісні результати, отримані під час вивчення вмісту поліфенольних сполук оброблено статистичними методами аналізу та обчислено значення середніх квадратичних відхилень, коефіцієнтів варіації і довірчих інтервалів за допомогою пакетів Microsoft Office Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) та StatSoft Statistica.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сполуки поліфенольної природи це чи не найчисленніший клас біологічно активних речовин (БАР), що проявляють високий антиоксидантний статус, і, як наслідок, мають широкий спектр фармакотерапевтичної активності.

Визначення концентрації БАР поліфенольної природи проводили з урахуванням вологості зразків, яка була визначена заздалегідь. Одержані результати представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Вміст біологічно активних речовин поліфенольної природи в зразках трави чебрецю повзучого

Table 1

The content of biologically active substances of polyphenolic nature in samples of thyme grass

Назва групи біологічно активних речовин	Вміст біологічно активних речовин, %
флавоноїди	1,531 ± 0,004
гідроксикоричні кислоти	0,505 ± 0,003
поліфенольні сполуки	5,478 ± 0,012

Оскільки фітохімічний аналіз рослинної сировини показав наявність високого вмісту сполук поліфенольної природи, цікавим було здійснити визначення АОО одержаного екстракту.

Антиоксидантна активність розраховується як відносна величина і визначається співвідношенням екстинкції при певному часі протікання реакції. Перевага обраного часового інтервалу обумовлена найбільш високою інтенсивністю утворення продукту окиснення адреналіну в даний проміжок часу і рекомендаціями дослідників [16].

На рисунку графічно представлена динаміка реакції автоокиснення адреналіну. За кінетичною кривою, що відображає швидкість реакції автоокиснення адреналіну в контрольній пробі було встановлено, що залежність має лінійний характер, тобто можна розрахувати швидкість процесу окиснення як відношення зміни оптичної густини до часу. Для цього використовували одержані показники оптичної густини контрольної та дослідної проб. Інгібуюча дія досліджуваного екстракту проявляється в зменшенні значення оптичної густини (в порівнянні з контрольною пробєю).

Показано, що введення в реакційну суміш рослинного екстракту не впливає на форму кривої. Інгібуюча дія екстракту проявляється в зменшенні значення оптичної густини (порівняно з контрольною пробєю).

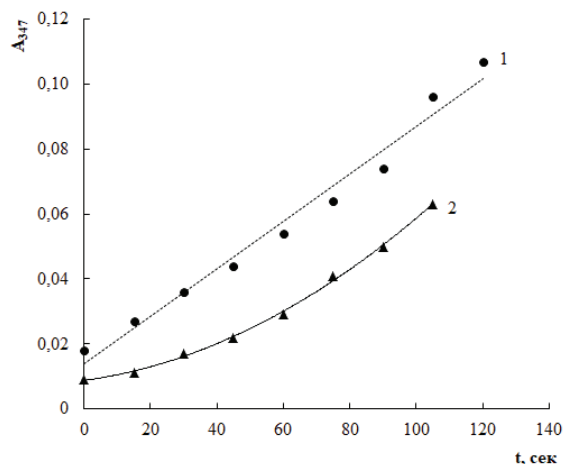


Рис. Залежність оптичної густини (A_{347}) від часу реакції автоокиснення адреналіну (t) в відсутності (1) та у присутності екстракту рослини (2)

Fig. Dependence of the optical density (A_{347}) on the time of the autoxidation reaction of adrenaline (t) in the absence (1) and in the presence of the plant extract (2)

Розрахунок АОА показав, що досліджуваний рослинний екстракт виявляє достатньо високу антиоксидантну активність (табл. 2), яка складає 50% на початку експозиції, зростає до 57,45% через 15 с і, поступово зменшуючись надалі, все одно залишається достатньо високою.

Таблиця 2

Динаміка антиоксидантної активності екстракту трави чебрецю

Table 2

Dynamics of antioxidant activity of the extract thyme herb

t, c	Антиоксидантна активність, %
0	50,00 ± 0,00
15	57,45 ± 3,13
30	52,33 ± 2,88
45	49,95 ± 3,41
60	46,02 ± 0,49
75	35,40 ± 1,85
90	32,27 ± 1,70
105	34,02 ± 0,91

Використовуючи вихідні дані за наведеними в методиці формулами було розраховано швидкість процесу окиснення адреналіну в контрольних та дослідних зразках та розраховано відсоток інгібування реакції автоокиснення при додаванні дослідного зразка, результати представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Швидкість реакції автоокиснення та показник інгібування реакції при використанні екстракту трави чебрецю

Table 3

The rate of the auto-oxidation reaction and the rate of inhibition of the reaction when using thyme herb extract

	Контрольний зразок	Дослідний зразок
$\Delta A,$	$0,0785 \pm 0,0010$	$0,0543 \pm 0,0006$
$V,$ опт. од./хв	$0,0446 \pm 0,0006$	$0,0310 \pm 0,0003$
$I,$ %	–	$30,3343 \pm 1,1516$

Швидкість реакції в контрольній пробі складає 0,0446 опт. од./хв, при додаванні досліджуваного екстракту спостерігається зниження швидкості до 0,0310 опт. од./хв.

Визначивши швидкість протікання автоокисних процесів, можливим став розрахунок відсотку інгібування реакції. Розрахунки показали, що при додаванні екстракту трави чебрецю повзучого, даний показник склав 30,33%.

Таким чином, показано, що лікарська рослинна сировина – трава чебрецю повзучого є цінним джерелом БАР, з високим вмістом поліфенольних сполук та достатньо високою антиоксидантною активністю, що вказує на перспективність здійснення подальших досліджень з метою виявлення спектру фармакологічної активності зразків трави чебрецю.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що вміст флавоноїдів та гідроксикоричних кислот в досліджуваних зразках становить 1,531 і 0,505%, сума поліфенольних сполук становить 5,478%.

2. Виявлено високий рівень антиоксидантної активності трави чебрецю, показники склали 50% на початку експозиції, зросли до 57,45% через 15 с і, поступово зменшуючись надалі, все одно залишались на достатньо високому рівні.

3. Встановлено, що швидкість реакції автоокиснення адреналіну в дослідній пробі з додаванням екстракту чебрецю повзучого склала 0,0310 опт. од./хв, проти контрольної проби – 0,0446 опт. од./хв, де було використано чистий адреналін, при цьому показник відсотку інгібування реакції при використанні досліджуваного екстракту склав 30,33%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Резніков О.Г., Полумбрік О.М., Бальон Я.Г., Полумбрік М.О. Про- та антиоксидантна системи і патологічні процеси в організмі людини // Вісн. НАН України.– 2014.– № 10. – С. 17–29. <https://doi.org/10.15407/vsn2014.10.017>
2. Полумбрік М.О., Полумбрік О.М., Бальон Я.Г., Резніков О.Г. Проантиоксидантна система організму людини, оксидативний стрес, його наслідки і шляхи подолання. I. Оксидативний стрес // Наукові праці Нац. у-ту харч. техн.– 2014. – Т. 20, № 4. – С. 19–29.
3. Kasote D. M., Katyare S. S., Hegde M. V., Bae H. Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications // Int. J. Biol. Sci.– 2015. – Vol. 11, N8. – P. 982–991. <https://doi.org/10.7150/ijbs.12096>
4. Pizzino G, Irrera N, Cucinotta M., Pallio G., Mannino F, Arcoraci V, Squadrito F, Altavilla D., Bitto A. Oxidative stress: harms and benefits for human health // Oxid. Med. Cell Longev.– 2017. – Vol. 2017. – AID8416763. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
5. Igwenyi I. O. Phytochemical Analysis and Vitamin Composition of Irvignia Gabonensis and Citrullus Colocynthis // IOSR-JPBS.– 2014. – Vol. 9, N3. – P. 37–40. <https://doi.org/10.9790/3008-09353740>
6. Kravchenko I. A., Kobernik A. A., Eberle L. V., Aleksandrova A. I. Optimization of extraction methods for total polyphenolic compounds obtained from rhizomes of Zingiber officinale // Trends Phytochem. Res.– 2018. – N2(1). – P. 37–42.
7. Assayed M. E. Radioprotective effects of black seed (Nigella sativa) oil against hemopoietic damage and immunosuppression in gamma-irradiated rats // Immunopharmacol Immunotoxicol.– 2010. – Vol. 32, N2. – P. 284–296. <https://doi.org/10.3109/08923970903307552>
8. Ya-nan Mo, Feng Cheng, Zhen Yang, Xiao-fei Shang, Jian-ping Liang, Ruo-feng Shang, Bao-cheng Hao, Xue-hong Wang, Hong-juan Zhang, Ahmidin Wali, Chun-fang Lu, Yu Liu Antioxidant activity and the potential mechanism of the fruit from *Ailanthus altissima* swingle // Frontiers Veterinary Sci.– 2021. – Vol. 8. – P. 1–14. – <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.784898>
9. Yashin A., Yashin Y., Nemzer B. Antioxidant Activity of Spices and Their Impact on Human Health: A Review // Antioxidants.– 2017. – Vol. 6, N3. – An. 70. <https://doi.org/10.3390/antiox6030070>
10. Charles D. J. Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources. Springer. USA.– 2013.– 612 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0>
11. Komaki A., Hoseini F., Shahidi S., Baharlouei N. Study of the effect of extract of *Thymus vulgaris* on anxiety in male rats // J. Traditional Complementary Med.– 2016. – Vol. 6, N3. – P. 257–261. <https://doi.org/10.1016/j.jtcm.2015.01.001>
12. Hossain M. A., AL-Raqmi K. A., AL-Mijzy Z. H., Weli A. M., Al-Riyami Q. Study of total phenol, flavonoids contents and phytochemical screening of various leaves crude extracts of locally grown *Thymus vulgaris* // Asian Pac. J. Trop. Biomed.– 2013. – N9. – P. 705–710. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60142-2](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60142-2)
13. Dae-Ok Kim, Seung Weon Jeong, Chang Y. Lee. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums // Food Chem.– 2003. – Vol. 81, N3. – P. 321–326. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00423-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5)
14. Lenchuk L. V. Determination of Content of Flavonoids, Hydroxycinnamic acids and Volatile compounds in Plum leaves // IJAPBC.– 2016. – Vol. 5, N2. – P. 131–136.
15. Luís M. Magalhães, Fernando Santos, Marcela A. Segundo, Salette Reis, José L. F. C. Lima Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity // Talanta.– 2010. – Vol. 83, N2. – P. 441–447. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.09.042>
16. Гришук А. И., Сирота Т. В., Дравица Л. В., Крэддок Е. А. Оценка состояния антиоксидантной активности слезной жидкости // Биомедицинская химия.– 2006. – Т. 52, № 6. – С. 601–607.

Стаття надійшла до редакції 22.12.2022

V. B. Larionov¹, A. O. Tsisak², S. S. Bieniet²

¹A.V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lustdorfskaya doroga, 86, Odessa, 65080, Ukraine

²I. I. Mechnikov Odessa National University, st. Dvoryanskaya, 2, Odessa, Ukraine, 65082, E-mail: kobernik@onu.edu.ua

POLYPHENOLIC STATUS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE HERB *THYMUS SERPYLLUM L.*

Phenolic compounds are the most numerous and the most studied group of plant biology activity compounds. Phenolic compounds participate in various metabolic processes, which cause their biological activity. All natural phenolic compounds are low toxicity and show a wide range of effects on the human body. The most promising area of applied research is the study of the antioxidant, antibacterial, cytotoxic properties of phenolic compounds in order to obtain safe drugs of natural origin for the pharmaceutical industry. The search for new sources of plant phenolic compounds can be an effective, environmentally and economically advantageous alternative to their synthetic analogues.

Compounds of polyphenolic nature are almost the most numerous class of biologically active substances that exhibit a high antioxidant status and, as a result, have a wide range of pharmacotherapeutic activity.

For the analysis, an alcohol-water extract of thyme herb obtained by infusing for 7 days was used.

The content of flavonoids, hydroxycinnamic acids and the amount of polyphenolic compounds were determined spectrophotometrically in terms of rutin, chlorogenic acid and gallic acid, respectively.

It was shown that the content of flavonoids, hydroxycinnamic acids and the sum of polyphenolic compounds in terms of rutin, chlorogenic acid and gallic acid in the investigated samples of thyme herb is 1.531, 0.505 and 5.478%, respectively.

Antioxidant activity was determined in vitro. A 0.1% solution of adrenaline hydrochloride was used as a system that produces the superoxide radical, taking the autoxidation of adrenaline into adrenochrome in an alkaline environment.

During the study of antioxidant activity, a sufficiently high level of it was found in the thyme herb extract, the indicators were 50% at the beginning of exposure, increased to 57,45% after 15 seconds and, gradually decreasing further, still remained sufficiently pronounced.

It was calculated that the rate of the autoxidation reaction of adrenaline in the experimental sample with the addition of creeping thyme extract was 0.0310 ou/min, against the control sample – 0.0446 ou/min, where pure adrenaline was used, while the indicator of the percentage of reaction inhibition when using the tested extract was 30.33%.

Key words: phytochemical analysis, biologically active substances, polyphenolic compounds, antioxidant activity.

REFERENCES

1. Reznikov O. H., Polumbryk O. M., Balon Ya. H., Polumbryk M. O. *Pro- ta antyoksydantna systemy i patolohichni protsesy v orhanizmi liudyny*. Visn. NAN Ukrainy, 2014, no 10, pp. 17–29. <https://doi.org/10.15407/visn2014.10.017> (in Ukrainian)
2. Polumbryk M. O., Polumbryk O. M., Balon Ya. H., Reznikov O. H. *Proantyoksydantna systema orhanizmu liudyny, oksydatyvnyi stres, yoho naslidky i shliakhy podolannia. I. Oksydatyvnyi stres*. Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii, 2014, vol. 20, no 4, pp. 19–29. (in Ukrainian)
3. Kasote D. M., Katyare S. S., Hegde M. V., Bae H. *Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications*. Int. J. Biol. Sci., 2015, vol. 11, no 8, pp. 982–991. <https://doi.org/10.7150/ijbs.12096>

4. Pizzino G., Irrera N., Cucinotta M., Pallio G., Mannino F., Arcoraci V., Squadrito F., Altavilla D., Bitto A. *Oxidative stress: harms and benefits for human health*. *Oxid. Med. Cell Longev*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
5. Igwenyi I. O. *Phytochemical Analysis and Vitamin Composition of Irvignia Gabonensis and Citrullus Colocynthis*. *IOSR-JPBS*, 2014, vol. 9, no 3, pp. 37–40. <https://doi.org/10.9790/3008-09353740>
6. Kravchenko I. A., Kobernik A. A., Eberle L. V., Aleksandrova A. I. *Optimization of extraction methods for total polyphenolic compounds obtained from rhizomes of Zingiber officinale*. *Trends Phytochem. Res.*, 2018, no 2(1), pp. 37–42.
7. Assayed M. E. *Radioprotective effects of black seed (Nigella sativa) oil against hemopoietic damage and immunosuppression in gamma-irradiated rats*. *Immunopharmacol Immunotoxicol.*, 2010, vol. 32, no 2, pp. 284–296. <https://doi.org/10.3109/08923970903307552>
8. Ya-nan Mo, Feng Cheng, Zhen Yang, Xiao-fei Shang, Jian-ping Liang, Ruo-feng Shang, Bao-cheng Hao, Xue-hong Wang, Hong-juan Zhang, Ahmidin Wali, Chun-fang Lu, Yu Liu *Antioxidant activity and the potential mechanism of the fruit from Ailanthus altissima swingle*. *Frontiers Veterinary Sci.*, 2021, vol. 8, pp. 1–14. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.784898>.
9. Yashin A., Yashin Y., Nemzer B. *Antioxidant Activity of Spices and Their Impact on Human Health: A Review*. *Antioxidants*, 2017, vol. 6, pp. 70. <https://doi.org/10.3390/antiox6030070>
10. Charles D. J. *Antioxidant Properties of Spices*. *Herbs and Other Sources*, Springer, USA, 2012, 612 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0>
11. Komaki A., Hoseini F., Shahidi S., Baharlouei N. *Study of the effect of extract of Thymus vulgaris on anxiety in male rats*. *J. Traditional Complementary Med.*, 2016, vol. 6, no 3, pp. 257–261. <https://doi.org/10.1016/j.jtme.2015.01.001>
12. Hossain M. A., AL-Raqmi K. A., AL-Mijizy Z. H., Weli A. M., Al-Riyami Q. *Study of total phenol, flavonoids contents and phytochemical screening of various leaves crude extracts of locally grown Thymus vulgaris*. *Asian Pac. J. Trop. Biomed*, 2013, vol. 9, pp. 705–710. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60142-2](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60142-2)
13. Dae-Ok Kim, Seung Weon Jeong, Chang Y. Lee. *Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums*. *Food Chem.*, 2003, vol. 81, no 3, pp. 321–326. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00423-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5)
14. Lenchuk L. V. *Determination of Content of Flavonoids, Hydroxycinnamic acids and Volatile compounds in Plum leaves*. *IJAPBC*, 2016, vol. 5, no 2, pp. 131–136.
15. Luís M. Magalhães, Fernando Santos, Marcela A. Segundo, Salette Reis, José L. F. C. Lima *Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity*. *Talanta*, 2010, vol. 83, no 2, pp. 441–447. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.09.042>
16. Gritsuk A. I. Sirota T. V., Dravitsa L. V., Kredok E. A. *Otsenka sostoyaniya antioksidantnoy aktivnosti sleznoy zhidkosti*. *Biomeditsinskaya khimiya*, 2006, vol. 52, no 6, pp. 601–607. (in Russian)