

УДК 615.322:582.998.16:633.85:54.061/.062

<https://doi.org/10.24959/ubphj.18.181>

О. В. БАРАШОВЕЦЬ, Н. В. ПОПОВА, Н. Ю. БОНДАРЕНКО, М. Є. БЛАЖЕЄВСЬКИЙ

Національний фармацевтичний університет

ФЛАВОНОЇДИ ТА АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ САФЛОРУ КРАСИЛЬНОГО

Актуальність. В Україні вагома сировинна база сафлору красильного, але майже відсутні експериментальні дані хімічного складу сировини, тому дослідження вітчизняних зразків сафлору є актуальним.

Метою нашої роботи було дослідження якісного складу та вмісту флавоноїдів у квітках і траві сафлору красильного та аналіз антиоксидантної активності екстракту сафлору красильного.

Матеріали та методи. За допомогою ВЕРХ-аналізу визначено якісний склад та вміст ряду сполук. Ідентифіковані наступні сполуки: флавоноїди – цинарозид, геліхризин, нарінгенин, ізосаліпурпозид; гідроксикоричні кислоти: кофейна, хлорогенова. Встановлений кількісний вміст флавоноїдів та гідроксикоричних кислот квіток і траві сафлору красильного. Експериментально встановлено, що I/I_0 на 50 % досягається при розбавленні водного екстракту квіток у пропорції 7,5 : 1000, що свідчить про високу антиоксидантну здатність екстракту.

Висновки. Новими для квіток і траві сафлору є нарінгенин, ізосаліпурпозид, геліхризин. Квітки сафлору красильного є перспективною рослинною сировиною для вивчення і створення лікарських препаратів з антиоксидантною дією.

Ключові слова: сафлор красильний; ВЕРХ-аналіз; флавоноїди; гідроксикоричні кислоти; антиоксидантна активність

O. V. Barashovets, N. V. Popova, N. Yu. Bondarenko, M. Ye. Blazheevskiy Flavonoids and antioxidant activity of safflower

Topicality. In Ukraine, there is a significant raw material base for safflower but almost no experimental data of raw materials chemical composition, therefore study of safflower domestic samples is relevant.

Aim. To study the composition and content of flavonoids in flowers and herb of safflower. To make an analysis of safflower extract antioxidant activity.

Materials and methods. With the help of the HPLC analysis it was determined the composition and content of a number of compounds. The following compounds have been identified: flavonoids: cynaroside, helichrysin, naringenin, isosalipurposide; hydroxycinnamic acids: caffeic and chlorogenic. Composition of flavonoids, hydroxycinnamic acids of safflower flowers and herb were established. It has been experimentally established that I/I_0 is 50 % achieved with a diluted aqueous extract of 7.5: 1000 for flowers, indicating a high antioxidant property of the extract.

Results and discussion. Qualitative composition and a number of compounds were identified through HPLC analysis.

Conclusions. It was revealed the new following safflower flowers and herbs flavonoids, such as: naringenin, isosalipurposide, helichrysin. Flowers of safflower are promising herbal materials for the study and creation of medicinal preparations with antioxidant effect.

Key words: safflower flowers; HPLC analysis; flavonoids; hydroxycinnamic acids; antioxidant activity

О. В. Барашовец, Н. В. Попова, Н. Ю. Бондаренко, Н. Е. Блажеевский Флавоноиды и антиоксидантная активность сафлора красильного

Актуальность. В Украине значительная сырьевая база сафлора красильного, но почти отсутствуют экспериментальные данные химического состава сырья, поэтому исследования отечественных образцов сафлора являются актуальными.

Целью нашей работы было исследование состава и содержания флавоноидов в цветках и траве сафлора красильного и анализ антиоксидантной активности экстракта сафлора красильного.

Материалы и методы. С помощью ВЭЖХ-анализа определен состав и содержание ряда соединений. Идентифицированы следующие соединения: флавоноиды – цинарозид, гелихризин, нарингенин, изосалипурпозид; гидроксикоричные кислоты: кофейная, хлорогеновая. Установлено количественное содержание флавоноидов и гидроксикоричных кислот цветков и травы сафлора красильного. Экспериментально установлено, что I/I_0 на 50 % достигается при разбавлении водного экстракта цветков в пропорции 7,5 : 1000, что свидетельствует о высокой антиоксидантной активности экстракта.

Выводы. Новыми для цветков и травы сафлора является: нарингенин, изосалипурпозид, гелихризин. Цветки сафлора красильного являются перспективным растительным сырьем для изучения и создания лекарственных препаратов с антиоксидантным действием.

Ключевые слова: сафлор красильный; ВЭЖХ-анализ; флавоноиды; гидроксикоричные кислоты; антиоксидантная активность

ВСТУП

Сафлор красильний (*Carthamus tinctorius* L.) – одно-річна або дворічна трав'яниста рослина з родини айстрових (складноцвітих) – *Asteraceae* висотою до 100 см.

На теперішній час ця рослина культивується на території України, Криму, в Узбекистані, на Кавказі і в Курській області Росії. Сафлор зустрічається як олійна рослина в найпосушливіших районах Середньої Азії. Його вирощують на плантаціях в Індії, Туреччині, Ірані, Китаї, європейських країнах, США тощо [1].

В Україні сафлор з'явився в другій половині XVIII ст. Раніше його вирощували на невеликих площах переважно в південних посушливих регіонах. В Україні є декілька науково-дослідних установ та фірм, співробітники яких створюють сорти та гібриди сафлору. Серед відомих сортів – Добриня, Ласкавий, Сонячний, Живчик, які занесені до реєстру сортів України [2].

Квітки та олія сафлору включені до ряду зарубіжних фармакопей, характеристика показників якості наведена у табл. 1 [1].

У зарубіжних фармакопеях представлені методи стандартизації сафлору: ТШХ-аналіз, спектрофотометрія (сума флавоноїдів у перерахунку на гіперозид, не менше 1 %, сума флавоноїдів у перерахунку на кемпферол, не менше 0,05 %, сума флавоноїдів у перерахунку на гідроксисафлор жовтий А, не менше 1,0 %) [3].

Наведені дані свідчать про те, що підходи до стандартизації носять суперечливий характер як з точки зору використовуваного стандартного флавоноїдного розчину при розрахунку вмісту суми флавоноїдів (гіперозиду, кемпферолу, гідроксисафлору жовтого А), так і в плані нормованого показника (вмісту суми флавоноїдів від 0,05 % до 1,0 %) [1].

Нами були проведені попередні фітохімічні дослідження ряду біологічно активних сполук сафлору [4, 5]. Під час проведення якісного аналізу квіток сафлору красильного виявлено 18 сполук фенольної при-

роди, з яких 5 були віднесені до похідних флавону та флавонолів. Спектрофотометричним методом визначено вміст суми флавоноїдів у квітках і траві сафлору красильного, який у перерахунку на гіперозид склав 1,08-1,20 % [6, 3, 5].

В Україні вагома сировинна база сафлору красильного, але майже відсутні експериментальні дані хімічного складу сировини, тому дослідження вітчизняних зразків сафлору є актуальним.

Метою нашої роботи було дослідження якісного складу та вмісту флавоноїдів у квітках і траві сафлору красильного та аналіз антиоксидантної активності екстракту сафлору красильного.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Об'єктом досліджень були квітки та трава сафлору красильного (*Carthamus tinctorius* L.) сорту Живчик. Сировина була зібрана під час цвітіння (у червні-липні 2017 р.) на дослідній ділянці ботанічного саду НФаУ та приведена до стандартного стану у відповідності до міжнародних вимог ВООЗ, GACP [7].

Для дослідження флавоноїдів використовували метод ВЕРХ. Аналіз проводили на хроматографі Agilent 1200 3D LC System Technologies (США), укомплектованому проточним вакуумним дегазатором G1322A, чотириканальним насосом градієнта низького тиску G13111A, автосамплером G1329A, термостатом колонки G 1316A, детекторами діодноматричним G1315C та рефрактометричним G1362A. Умови хроматографування для визначення флавоноїдів: колонка Supelco Discovery C18 розміром 250 × 4,6 мм із сорбентом – силікагель із діаметром зерен 5 мкм, елюенти: (А) 0,005 Н фосфорна кислота (Sigma-Aldrich), (В) ацетонітрил (Sigma-Aldrich). Режим хроматографування: максимальна швидкість подачі рухомої фази 0,8 мл/хв, робочий тиск елюенту – 156 бар; температура термостату колонки – 25 °С. Режим елюювання – градієнтний: 0 хв 12 % «В», 30 хв 25 % «В», 33 хв 25 % «В», 38 хв

Таблиця 1

ФАРМАКОПЕЙНІ ПОКАЗНИКИ СИРОВИНИ САФЛОРУ КРАСИЛЬНОГО

Фармакопеї країн	Вид сировини	Стандартизація сировини	
		якісний аналіз	кількісний аналіз
ЄФ	Олія сафлору	Числові показники олії	Жирно-кислотний склад (ВЕРХ)
	Квітки сафлору	Спектрофотометрія (пігменти); мікроскопія; ТШХ-аналіз флавоноїдів	Спектрофотометрія (сума флавоноїдів у перерахунку на гіперозид не менше 1 %)
Британія	Квітки сафлору	Мікроскопія	Кількісний аналіз відсутній
Японія	Квітки сафлору	ТШХ-аналіз	Кількісний аналіз відсутній
США	Олія сафлору	ТШХ-аналіз	Кількісний аналіз відсутній
КНР	Квітки сафлору	Спектрофотометрія (пігменти); мікроскопія; ТШХ-аналіз	Спектрофотометрія (сума флавоноїдів у перерахунку на кемпферол не менше 0,05 %, сума флавоноїдів у перерахунку на гідроксисафлор жовтий А не менше 1,0 %)
Польща	Олія сафлору	Числові показники олії	ВЕРХ аналіз олії

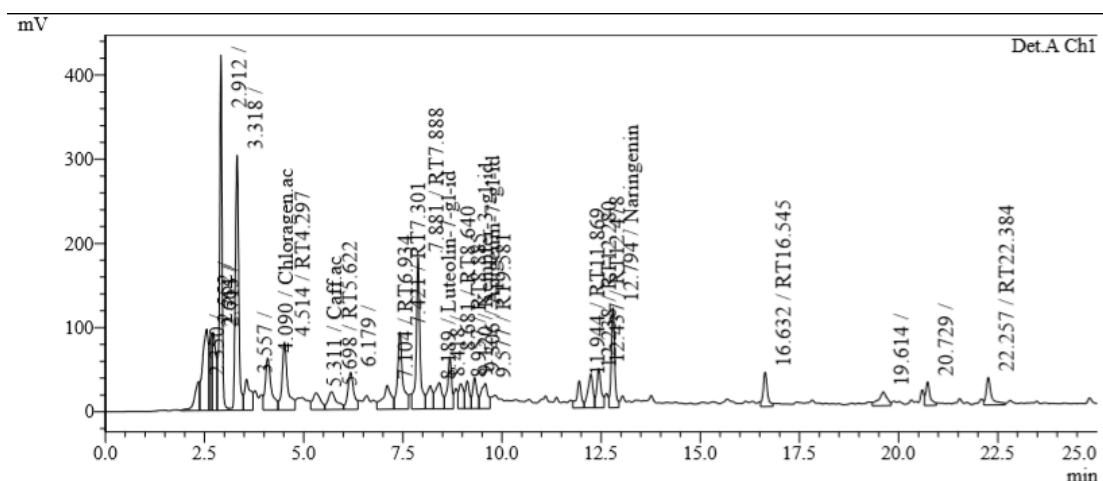


Рис. 1. ВЕРХ-хроматограма флавоноїдів квіток сафлору красильного при $\lambda = 220$ нм

30 % «В», 40 хв 40 % «В», 41 хв 80 % «В», 49-60 хв 12 %. Час сканування – 0,6 с, діапазон детектування – 190-400 нм, довжина хвилі – 220 нм і 315 нм.

Пробопідготовка. Подрібнену ЛРС масою 1,00 г (точна наважка) поміщали в круглодонну колбу на 50 мл, додавали 25 мл 60 % розчину метанолу, 2 мл розчину фосфорної кислоти Р і бідистильованої води (1 : 10), рН = 2,8, екстрагували на киплячій водяній бані зі зворотним холодильником при перемішуванні впродовж 30 хв.

Перед хроматографуванням одержані витяжки фільтрували через фільтр одноразового використання з діаметром пор 0,45 мкм. Об'єм введеної проби складав 10 мкл.

Антиоксидантні властивості екстракту квіток сафлору красильного вивчали методом хемілюмінесценції (ХЛ) за ефектами інгібування світіння в системі $H_2L - H_2O_2$ – гемоглобін (Hb). Для дослідження використовували водні екстракти рослинної сировини.

Інгібуючу дію екстракту квіток сафлору красильного оцінювали за величиною зменшення (депресії) максимальної інтенсивності ХЛ $\Delta I_{\text{ХЛ}} = I_0 - I_{\text{ХЛ}}$, де I_0 – макси-

мальна інтенсивність ХЛ при відсутності екстракту сафлору красильного, $I_{\text{ХЛ}}$ – максимальна інтенсивність ХЛ в присутності екстракту сафлору красильного [8, 9, 10].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За допомогою ВЕРХ аналізу визначено якісний склад та вміст ряду сполук. Результати дослідження флавоноїдів у квітках та трави сафлору красильного методом ВЕРХ наведені на рис. 1-4 та у табл. 2.

Результати ВЕРХ-аналізу показали, що у квітках досліджуваного об'єкту при довжині хвилі $\lambda_{\text{max}} = 220$ нм ідентифіковано та визначено вміст: цинарозиду (1,66 %), нарінгеніну (4,36 %), хлорогенової кислоти (4,01 %), кофейної кислоти (1,69 %). При довжині хвилі $\lambda_{\text{max}} = 315$ нм вміст склав: цинарозиду (1,52 %), геліхризину (1,49 %), нарінгеніну (12,33 %), ізолаліпурпозиду (1,14 %), хлорогенової кислоти (2,9 %), кофейної кислоти (1,56 %).

У траві сафлору красильного при довжині хвилі $\lambda_{\text{max}} = 220$ нм ідентифіковано: цинарозид (2,59 %), геліхризин (3,14 %), нарінгенін (3,44 %), хлорогенова кислота (1,29 %). При довжині хвилі $\lambda_{\text{max}} = 315$ нм ідентифіковано: цинарозид (3,48 %), геліхризин (3,66 %),

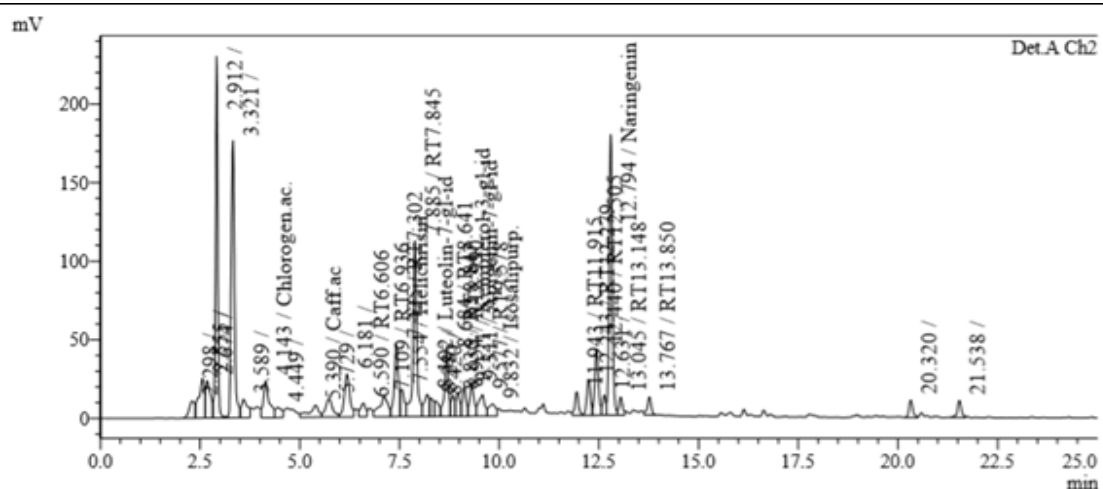


Рис. 2. ВЕРХ-хроматограма флавоноїдів квіток сафлору красильного при $\lambda = 315$ нм

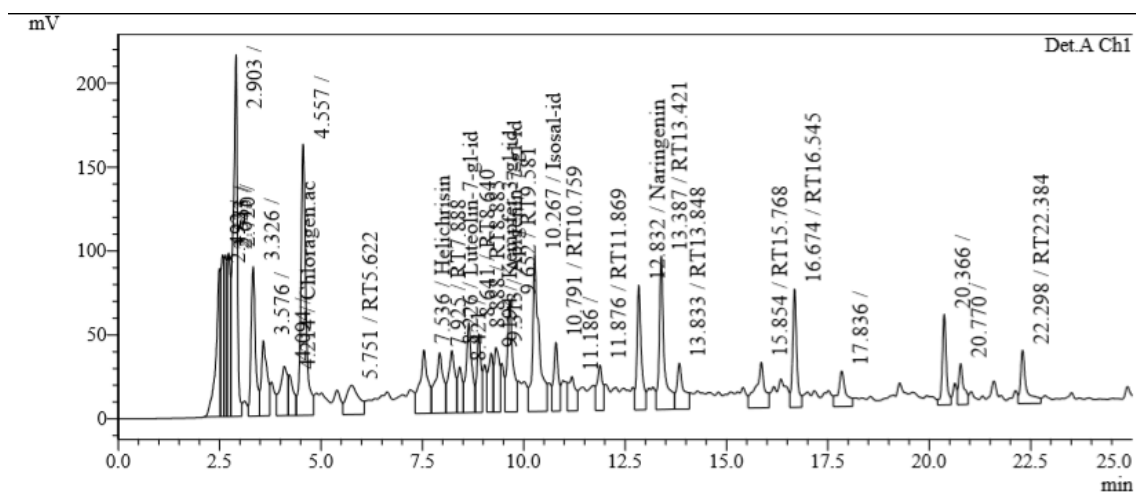


Рис. 3. ВЕРХ-хроматограма флавоноїдів трави сафлору красильного при $\lambda = 220$ нм

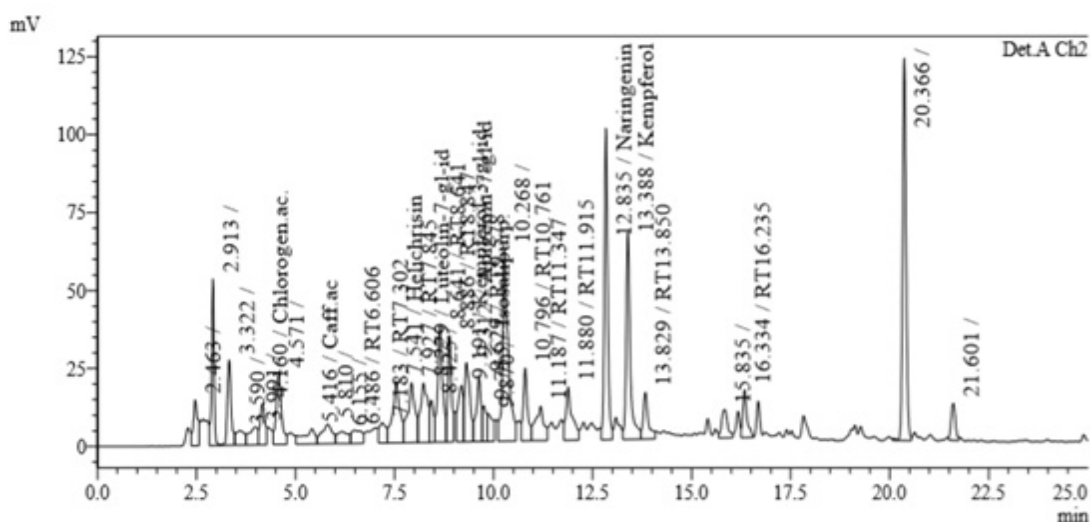


Рис. 4. ВЕРХ-хроматограма флавоноїдів трави сафлору красильного при $\lambda = 315$ нм

нарінгенін (8,42 %), ізосаліпурпозид (1,11 %), хлорогенова кислота (1,57 %), кофейна кислота (1,44 %).

Новими для квіток і трави сафлору є нарінгенін, ізосаліпурпозид, геліхризин.

Таблиця 2

ФЛАВОНОЇДИ ТА ГІДРОКСИКОРИЧНІ КИСЛОТИ СИРОВИНИ САФЛОРУ КРАСИЛЬНОГО

Фенольна сполука Хімічна структура		Від загальної суми фенольних сполук, %			
		квітки сафлору		трава сафлору	
		УФ-спектр λ_{\max} 220 нм	УФ-спектр λ_{\max} 315 нм	УФ-спектр λ_{\max} 220 нм	УФ-спектр λ_{\max} 315 нм
Цинарозид	7-О-глюкозид лютеоліну	1,66	1,52	2,59	3,48
Геліхризин	5-О-глюкозид нарінгеніну		1,49	3,14	3,66
Нарінгенін	5,7,4'-тригідроксифлаванон	4,36	12,33	3,44	8,42
Ізосаліпурпозид	6-О-глюкопіранозид 2,4,6,4'-тетрагідроксисалкону		1,14		1,11
Хлорогенова кислота	3-О-кофеїл-D-хінна	4,01	2,90	1,29	1,57
Кофейна кислота	3,4-дигідроксикорична кислота	1,69	1,56		1,44

Встановлено, що за характеристику антиоксидантної властивості була обрана величина розбавлення, при якій досягається зниження ХЛ на 50 %.

Експериментально встановлено, що I/I_0 на 50 % досягається при розбавленні водного екстракту квіток у пропорції 7,5 : 1000, що свідчить про високу антиоксидантну здатність екстракту.

ВИСНОВКИ

1. Проведено дослідження фенольних речовин, ідентифіковани наступні сполуки: флавоноїди – цинарозид, геліхризин, нарінгенін, ізосаліпурпозид; гідроксикоричні кислоти: кофейна, хлорогенова.

2. Встановлений кількісний вміст флавоноїдів та гідроксикоричних кислот квіток і трави сафлору красильного.

3. Новими для квіток і трави сафлору є нарінгенін, ізосаліпурпозид, геліхризин.

4. Експериментально встановлено, що I/I_0 на 50 % досягається при розбавленні у пропорції 7,5 : 1000, що свідчить про високі антиоксидантні властивості екстракту.

5. Квітки сафлору красильного є перспективною рослиною сировиною для вивчення і створення лікарських препаратів з антиоксидантною дією.

Конфлікт інтересів: відсутній.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Попова, Н. В. Лекарственные растения мировой флоры / Н. В. Попова, В. И. Литвиненко. – Х. : Диска-плюс, 2016. – 540 с.
2. Barashovets, O. V. The mineral composition of herbal drug of safflower (*Carthamus tinctorius*. L.) / O. V. Barashovets, N. V. Popova // УБФЖ. – 2016. – № 4. – С. 52–55. <https://doi.org/10.24959/ubphj.16.55>
3. Блажеєвський, М. Є. Визначення рутину в таблетках «Аскорутин» методом хемілюмінесценції / М. Є. Блажеєвський, Н. Ю. Бондаренко // Матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. «Динаміка наукових досліджень 2004». – 2004. – Т. 69. – С. 12–14.
4. Рижий, сафлор, кунжут. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / І. А. Шевченко, О. І. Поляков, К. В. Ведмедева, І. Б. Комарова // Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. – Запоріжжя : СТАТУС, 2017. – 40 с.
5. Перспективи применения сафлора красильного / Н. В. Попова, О. В. Барашовец, В. И. Литвиненко, Н. Ю. Бондаренко // Апітерапія України – Всеук. наук.-практ. конф. за міжнарод. участю «Застосування методів лікування і апіпрепаратів у медичній, фармацевтичній та косметичній практиці» : матер. Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнарод. участю (м. Харків, 29–30 квітня 2018 р.). – С. 226–233.
6. Барашовец, О. В. Дослідження різних груп фенольних сполук квіток сафлору красильного / О. В. Барашовец, Н. В. Попова // Фітотерапія. Часопис. – 2017. – № 1. – С. 39–42.
7. WHO guidelines on good agricultural and collection practices (GACP) for medicinal plants // World Health Organization Geneva, 2003. – 72 p.
8. Блажеєвський, М. Є. Кількісне визначення флавоноїдів хемілюмінесцентним методом у лікарських формах / М. Є. Блажеєвський, Н. Ю. Бондаренко // Фармаком. – 2005. – № 2-3. – С. 177–181.
9. Бондаренко, Н. Ю. Визначення кофейну в каві методом хемілюмінесценції / Н. Ю. Бондаренко, М. Є. Блажеєвський // УБФЖ. – 2016. – № 3. – С. 14–18. <https://doi.org/10.24959/ubphj.16.33>
10. Попова, Н. В. Исследования фенольных соединений сафлора красильного / Н. В. Попова, О. В. Барашовец, В. И. Литвиненко // в сб. : Фенольные соединения : свойства, активность, инновации : сб. науч. статей по матер. X Междунар. симпозиума «Фенольные соединения : фундаментальные и прикладные аспекты» (г. Москва, 14–19 мая 2018 г.). – С. 354–358.

REFERENCES

1. Popova, N. V., Litvinenko V. I. (2016). *Lekarstvennyye rasteniia mirovoi flory*. Kharkov: Disa-plus, 540.
2. Barashovets, O. V., & Popova, N. V. (2016). The mineral composition of herbal drug of safflower (*carthamus tinctorius*. L.). *Ukrains'kij Biofarmaceutičnij Žurnal, 0(4 (45))*, 52–55. <https://doi.org/10.24959/ubphj.16.55>
3. Blazheievskiy, M. Ye., Bondarenko, N. Yu. (2004). *Materialy III Mizhnar. nauk. – praktychn. konf. «Dynamika naukovykh doslidzhen 2004»*, 69, 12 – 14.
4. Shevchenko, I. A., Poliakov, O. I., Vedmedieva, K. V., Komarova, I. B. (2017). *Ryzhii, saflor, kunzhut. Stratehiia vyrobnytstva oliinoi syrovyny v Ukraini (maloposhiyreni kultury)*. Instytut oliinykh kultur Natsionalnoi akademii ahrarnykh nauk Ukrainy. Zaporizhzhia: STATUS, 40.
5. Popova, N. V., Barashovets, O. V., Lytvynenko, N. I., Bondarenko, N. Yu. (2018). *Apiterapiia Ukrainy – vseukrainska naukovo – praktychna konferentsiia z mizhnarodnoiu uchastiu «Zastosuvannia metodiv likuvannia i apipreparativ u medychnii, farmatsevtichnii ta kosmetychnii praktytsi»*. (29–30. 04. 2018). (pp. 226–233). Kharkiv.
6. Barashovets, O. V., Popova, N. V. (2017). *Fitoterapiia. Chasopys, 1*, 39 – 42.
7. *WHO guidelines on good agricultural and collection practices (GACP) for medicinal plants*. (2003). World Health Organization Geneva, 72.
8. Blazheievskiy, M. Ye., Bondarenko, N. Yu. (2005). *Farmakom, 2-3*, 177–181.
9. Bondarenko, N. Y., & Blazheievskiy, M. Y. (2016). Quantitative determination of caffeine in coffee by chemiluminescent method. *Ukrains'kij Biofarmaceutičnij Žurnal, 0 (3 (44))*, 14–18. <https://doi.org/10.24959/ubphj.16.33>
10. Popova, N. V., Barashovets, O. V., Litvinenko, V. I. (2018). *Fenolnye soedineniia : svoistva, aktivnost, innovatsii : sbornik nauchnykh statei po materiam X Mezhdunarodnogo simpoziuma «Fenolnye soedineniia: fundamentalnye i prikladnye aspekty»* (14–19 maia 2018). (pp. 354 –358). Moskva.

Відомості про авторів:

Барашовець О. В., аспірант кафедри нутриціології та фармацевтичної броматології, Національний фармацевтичний університет.

E-mail: olga.barashovets@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6685-0572>

Попова Н. В., д-р фарм. наук, професор, завідувачка кафедри нутриціології та фармацевтичної броматології,

Національний фармацевтичний університет. E-mail: bromatology@nuph.edu.ua

Бондаренко Н. Ю., канд. фарм. наук, доцент кафедри фізичної і колоїдної хімії, Національний фармацевтичний університет

Блажеєвський М. Є., д-р хім. наук, професор кафедри фізичної і колоїдної хімії, Національний фармацевтичний університет

Information about authors:

Barashovets O. V., Postgraduate student of the Department of Nutriciology and Pharmaceutical Bromatology, National University of Pharmacy.

E-mail: olga.barashovets@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6685-0572>

Popova N. V., Doctor of Pharmaceutical Sciences, professor, head of the Department of Nutriciology and Pharmaceutical Bromatology,

National University of Pharmacy. E-mail: bromatology@nuph.edu.ua

Bondarenko N. Yu., Candidate of Pharmaceutical Sciences, associate professor of the Department of Physical and Colloidal Chemistry,

National University of Pharmacy

Blazheevsky M. Ye, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Physical and Colloidal Chemistry, National University of Pharmacy

Сведения об авторах:

Барашовець О. В., аспірант кафедри нутриціології та фармацевтичної броматології, Національний фармацевтичний університет.

E-mail: olga.barashovets@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6685-0572>

Попова Н. В., д-р фарм. наук, професор, завідувачка кафедрою нутриціології та фармацевтичної броматології,

Національний фармацевтичний університет. E-mail: bromatology@nuph.edu.ua

Бондаренко Н. Ю., канд. фарм. наук, доцент кафедри фізичної і колоїдної хімії, Національний фармацевтичний університет

Блажеєвський М. Є., д-р хім. наук, професор кафедри фізичної і колоїдної хімії, Національний фармацевтичний університет

Надійшла до редакції 27.07.2018 р.