



УДК 615.014:582.929.4

DOI <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2021.1.11936>**ХРОМАТОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ЕФІРНИХ ОЛІЙ ІЗ ТРАВИ МОНАРДИ ЛИМОННОЇ РІЗНИХ ФАЗ ВЕГЕТАЦІЇ****М. І. Шанайда<sup>1</sup>, Л. В. Свиденко<sup>2</sup>, Н. В. Гвоздик<sup>1</sup>, Н. І. Гудзь<sup>3</sup>***Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України<sup>1</sup>**Сектор мобілізації та збереження рослинних ресурсів Інституту рису НААН<sup>2</sup>  
Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького<sup>3</sup>**shanayda@tdmu.edu.ua*

## ІНФОРМАЦІЯ

Надійшла до редакції / Received:  
12.01.2021Після доопрацювання / Revised:  
15.01.2021Прийнято до друку / Accepted:  
20.01.2021**Ключові слова:***Monarda citriodora*;  
ефірна олія;  
газова хроматографія;  
тонкошарова хроматографія;  
тимол;  
карвакрол;  
хемотип.

## АНОТАЦІЯ

**Мета роботи.** Хроматографічний аналіз ефірних олій монарди лимонної (*Monarda citriodora* Cerv. ex Lag, родина *Lamiaceae* Martinov), отриманих із трави рослини в різні фази вегетації.**Матеріали і методи.** Матеріалом для досліджень була трава *M. citriodora*, яку заготовляли на дослідних ділянках у Херсонській області на початку цвітіння та у період масового цвітіння рослин. Ефірну олію отримували методом гідродистиляції. Аналіз її компонентного складу проводили методом газової хроматографії з мас-спектрометричним детектуванням (ГХ/МС). Для отримання «хроматографічних відбитків» компонентів ефірної олії використовували метод тонкошарової хроматографії (ТШХ).**Результати й обговорення.** На основі ГХ/МС аналізу вивчено компонентний склад ефірних олій сировини *M. citriodora*. Всього в ефірній олії з трави рослини при її заготівлі на початку цвітіння ідентифіковано 28 компонентів, під час масового цвітіння – 27. В обох ефірних оліях домінували ароматичні монотерпеноїди тимол і карвакрол. Проведення заготівлі сировини *M. citriodora* у фазу масового цвітіння визначено більш перспективним з огляду на вищий сумарний вміст в ефірній олії тимолу й карвакролу (84,07 %) порівняно з початком цвітіння (75,09 %). Запропоновано застосувати ТШХ-аналіз ефірної олії з трави досліджуваної рослини, заготовленої під час масового цвітіння, як експрес-метод її ідентифікації.**Висновки.** Визначено компонентний склад та специфічні особливості ефірних олій сировини *M. citriodora* заготовленої в Херсонській області (Україна) у дві різні фази вегетації, на основі чого їх віднесено до тимолово-карвакролового хемотипу. У перспективі визначено доцільним вивчення потенціалу фармакологічної активності ефірної олії рослини.

**Вступ.** В останні роки на світовому фармацевтичному ринку збільшується попит на лікарські засоби з компонентами природного походження, що можна пояснити їхньою ефективністю, безпечністю й економічною доступністю. Для визначення мож-

ливості використання сировини неофіціальних видів рослин у виробництві лікарських засобів рослинного походження необхідно провести її фітохімічне дослідження, насамперед стосовно вмісту сполук вторинного синтезу.

Важливою групою біологічно активних речовин рослин є ефірні олії – багатокомпонентні суміші летких сполук, серед яких переважають похідні ізопрену [1, 2]. У зв'язку із значним розповсюдженням проблеми антибіотикорезистентності патогенних мікроорганізмів, у наукових публікаціях активно обговорюють перспективу використання ефірних олій рослин у складі антимікробних засобів [3–7]. Дослідження антиоксидантних властивостей ефірних олій та рослинних екстрактів також набуває особливого значення у фармації та косметології у зв'язку з виявленням токсичного впливу синтетичних консервантів [1, 8, 9]. Компонентний склад ефірних олій рослин вивчають методом газової хроматографії з мас-спектрометричним детектуванням (ГХ/МС) [10]. Застосування тонкошарової хроматографії (ТШХ) як простого й зручного методу ідентифікації домінуючих біологічно активних речовин у сировині рослин та фітосубстанціях на їхній основі дає змогу також отримати їхні «хроматографічні відбитки» [11].

Рід Монарда (*Monarda* L., родина *Lamiaceae* Martinov) включає 20 видів ефіроолійних трав'янистих рослин, які походять із Північної Америки. Індіанці відносили їх до категорії найбільш цінних «священних рослин», які широко використовували в лікуванні застуди, лихоманки, для промивання ран тощо [9, 12]. В останні десятиліття окремі види цього роду (*M. didyma* L., *M. fistulosa* L., *M. citriodora* Cerv. ex Lag., *M. punctata* L.) поступово поширюються в Європі переважно як декоративні рослини. Водночас їхня сировина має значний лікувальний потенціал [12, 13].

Попри багатівкове використання надземної частини видів роду *Monarda* у народній медицині північноамериканського континенту й наявності окремих експериментальних даних стосовно їхнього хімічного складу і різнопланової біологічної активності, види цього роду досі залишаються неофіційними. Найбільш вивченими з точки зору хімічного складу й біологічних властивостей є *M. didyma* та *M. fistulosa* [4, 9, 12]. Проведений аналіз наявних наукових джерел вказує на обмеженість фітохімічного вивчення монарди лимонної (*Monarda citriodora*). Зокрема, лише шість оригінальних статей було виявлено в авторитетній міжнародній базі PubMed (станом на 10 січня 2021 р.) після введення для пошуку слів «*Monarda citriodora*». З них лише дві публікації стосувались аналізу складу й активності ефірної олії цього виду [14, 15], тоді як в інших було наведено результати досліджень грибкових ендоспів рослин, особливостей її культивування тощо. Вважаємо, що значної уваги заслуговує ефірна олія *M. citriodora* – як з точки зору визначення її компонентного складу залежно від фази вегетації, так і встановлення хемотипових особливостей.

**Мета роботи** – хроматографічний аналіз ефірних олій монарди лимонної (*M. citriodora*), отриманих із трави рослини у дві різні фази вегетації.

**Матеріали і методи.** Матеріалом для досліджень була трава *M. citriodora*, яку заготовляли на дослідних ділянках сектора мобілізації та збереження рослинних ресурсів Інституту рису НААН (сmt. Плодове, Херсонська обл.) у дві фази вегетації: початку цвітіння і масового цвітіння. Ефірну олію отримували методом гідродистиляції за фармакопейною методикою з використанням апарата Клевенджерера [10].

Компонентний склад ефірної олії аналізували методом ГХ/МС із використанням хроматографа Agilent Technologies 6890 із мас-спектрометричним детектором 5973. Хроматографічна колонка – капілярна DB-5 (30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм); швидкість подачі газу-носію гелію – 1,2 мл/хв; програмування температури – у діапазоні 50–300 °С; загальний час хроматографування – 35 хв. Для ідентифікації компонентів використовували бібліотеку мас-спектрів NIST05 і WILEY 2007.

Для отримання «хроматографічних відбитків» складових ефірної олії та ідентифікації її домінуючого компоненту використовували метод ТШХ. Для хроматографування застосовували ТШХ-пластини розміром 20х10 см із силікагелем  $F_{254}$  (Merck, Darmstadt, Germany); рухома фаза: толуол – етилацетат (95:5). Ефірну олію розчиняли в метиленхлориді. Дериватизацію проводили анісового альдегіду розчином, після чого пластинки впродовж 5–7 хв нагрівали за температури 100–105 °С і відразу переглядали при денному світлі.

**Результати й обговорення.** На основі проведеного ГХ/МС аналізу визначено компонентний склад ефірних олій *M. citriodora*, отриманих із трави рослини в різні фази вегетації (табл. 1, рис. 1, 2). В ефірній олії сировини рослини, заготовленої на початку цвітіння, ідентифіковано 28 компонентів, тоді як у фазу масового цвітіння – 27.

За даними таблиці 1, домінуючими компонентами ефірних олій *M. citriodora* обох фаз вегетації були тимол, карвакрол, метилкарвакрол, *l*-цимен і *γ*-терпінен (рис. 3,4), які містились у них в різних співвідношеннях. У цілому, в обох ефірних оліях кисневмісні монотерпеноїди переважали над безкисневими сполуками. Сесквітерпеноїди ( $\beta$ -каріофілен, гермакрен D,  $\delta$ -кадинен та ін.) виявлено у слідових кількостях або вони взагалі були відсутні. Сполуки нетерпенової природи (1-октен-3-ол, октанон-3, октанол-3, октаналь, децилацетат, 2-6-диметокси-ацетофенон) знайдено у мінорних кількостях, що досить позитивно характеризує досліджувані ефірні олії.

Як відомо, домінуючі компоненти ефірних олій надають їм характерного аромату, а також унікальних біологічних властивостей [2]. Ароматична структура виявлених основних компонентів досліджуваних ефірних олій *M. citriodora* – тимолу, карвакролу, метилкарвакролу і *l*-цимену – дає змогу припустити їхній значний терапевтичний потенціал. Як видно з таблиці 1, сумарний вміст у ефірній олії таких компонентів-лі-

Таблиця 1

Компонентний склад ефірних олій *M. citriodora* різних фаз вегетації рослин

Компонент	Час утримання, хв	Вміст компоненту в ефірній олії, %	
		фаза початку цвітіння	фаза масового цвітіння
$\alpha$ -туйєн <sup>*</sup>	7,38	0,142	–
1-октен-3-ол	9,10	1,782	2,208
октанон-3	9,26	0,248	0,180
мірцен <sup>*</sup>	9,40	1,056	0,391
октанол-3	9,66	0,184	0,114
октаналь	9,89	0,423	0,296
$\alpha$ -феландрен <sup>*</sup>	10,03	0,115	–
$\alpha$ -терпінен <sup>*</sup>	10,40	1,079	0,527
<i>l</i> -цимен <sup>*</sup>	10,68	4,401	3,018
лимонен <sup>*</sup>	10,83	0,266	0,134
1,8-цинеол <sup>*</sup>	10,97	0,118	0,123
$\gamma$ -терпінен <sup>*</sup>	11,88	4,289	1,666
<i>транс</i> -сабіненгідрат <sup>*</sup>	12,33	1,814	2,003
ліналоол <sup>*</sup>	13,31	0,470	0,350
<i>цис</i> -сабіненгідрат <sup>*</sup>	13,43	0,106	0,330
борнеол <sup>*</sup>	16,07	0,108	0,234
терпінен-4-ол <sup>*</sup>	16,29	0,446	0,732
$\alpha$ -терпінеол <sup>*</sup>	17,01	0,148	0,135
метилкарвакрол <sup>*</sup>	18,27	5,582	2,061
тимол <sup>*</sup>	20,00	56,665	71,077
карвакрол <sup>*</sup>	20,19	18,426	12,992
ацетилтимол <sup>*</sup>	21,14	0,312	0,122
2,6-диметокси-ацетофенон	21,25	0,681	0,283
карвакрилацетат <sup>*</sup>	21,57	0,130	0,063
децилацетат	22,47	0,076	0,049
$\beta$ -каріофілен <sup>*</sup>	22,85	0,791	0,751
гумулен <sup>*</sup>	23,56	0,044	–
гермакрен D <sup>*</sup>	24,03	0,098	0,107
аромадендрен <sup>*</sup>	24,31	–	0,025
$\delta$ -кадинен <sup>*</sup>	24,64	–	0,028

Примітка. <sup>\*</sup> – безкисневі похідні ізопрену, <sup>\*</sup> – кисневмісні похідні ізопрену.

дерів, як тимол і карвакрол був значно вищим у фазу масового цвітіння рослин (84,07 %), якщо порівняти із початком цвітіння (75,09 %). Ці дані є актуальними для аналізу можливих фармакологічних властивостей досліджуваних ефірних олій *M. citriodora*.

Ароматичні монотерпеноїди тимол і карвакрол, які мають доведені антисептичні й антиоксидантні властивості, дослідники виявили також в ефірних оліях інших представників родини *Lamiaceae* – з родів

*Thymus, Origanum, Satureja, Monarda* [2, 4, 8, 10, 16–18]. Ghosh M. та співавтори [19] методом молекулярного моделювання встановили, що тимол і карвакрол, які є структурними ізомерами, мають досить подібний терапевтичний потенціал. Їхні антимікробні властивості пов'язують як із наявністю ароматичного ядра в їхній молекулі, так і гідроксильної групи [2].

Lee J. H. та співавтори [7] встановили, що серед 79 проаналізованих ефірних олій найбільший

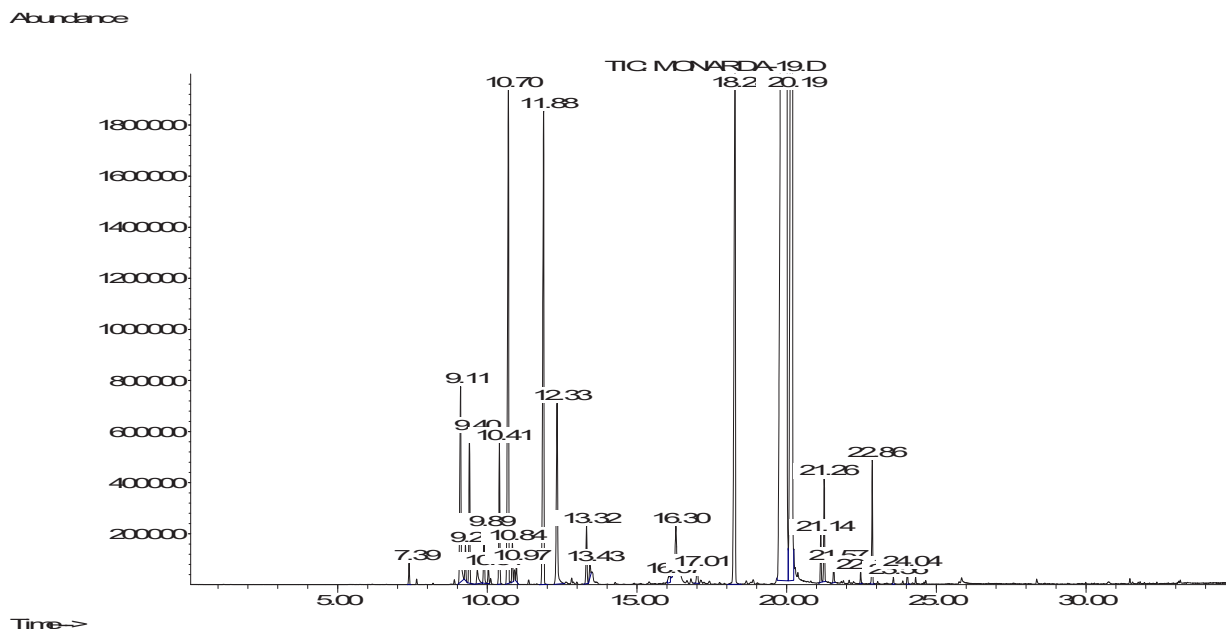


Рис. 1. ГХ/МС хроматограма ефірної олії *M. citriodora* (фаза початку цвітіння рослин).

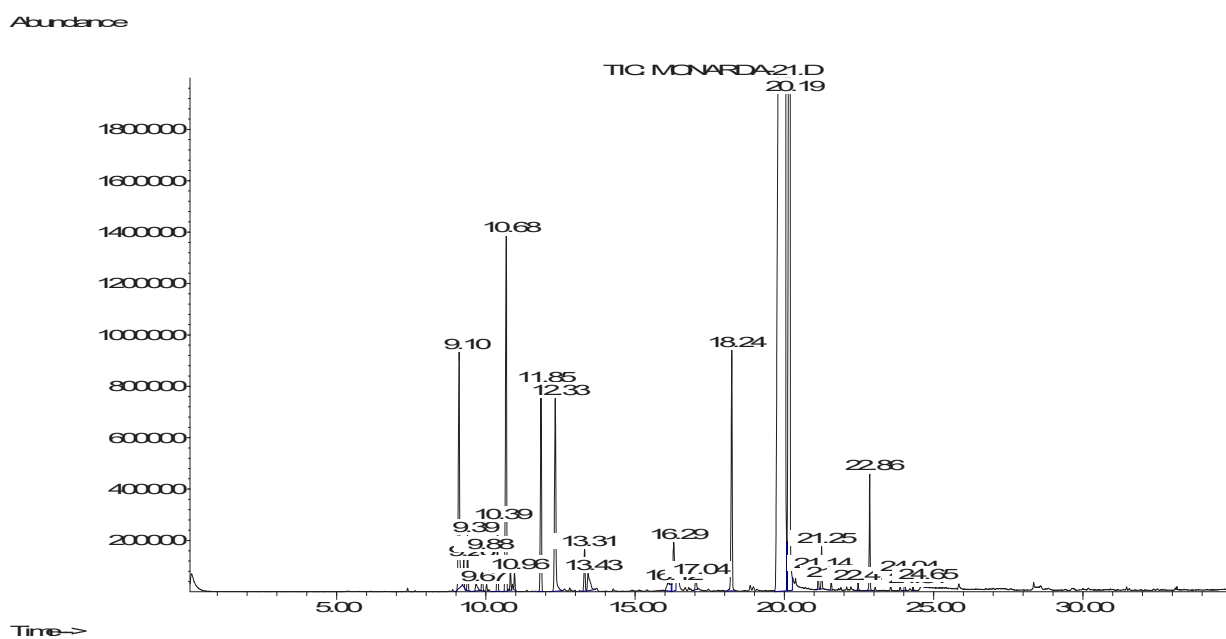


Рис. 2. ГХ/МС хроматограма ефірної олії *M. citriodora* (фаза масового цвітіння рослин).

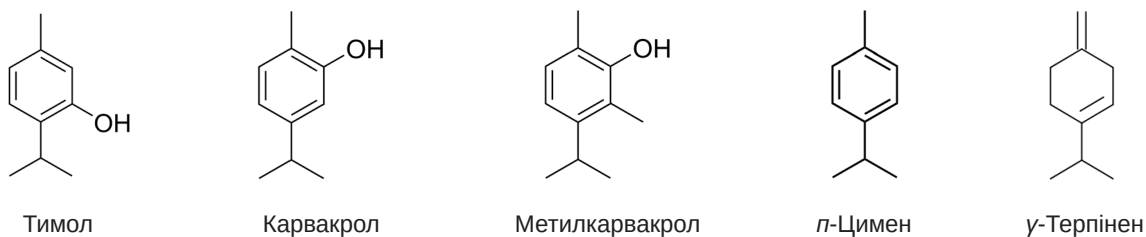


Рис. 3. Структурні формули домінуючих компонентів ефірних олій *M. citriodora*.

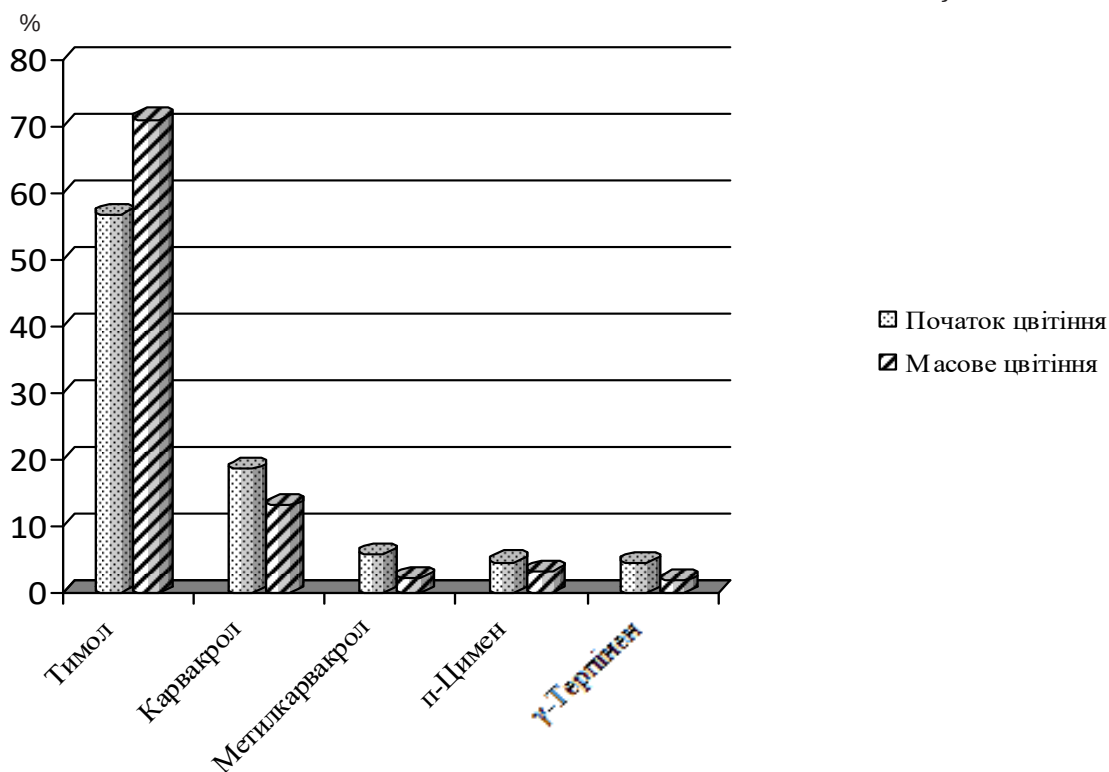


Рис. 4. Порівняльний аналіз вмісту основних компонентів ефірної олії *M. citriodora* залежно від фази вегетації рослин.

антимікробний ефект стосовно уропатогенних штамів *Escherichia coli* продемонстрували ефірні олії двох видів родини *Lamiaceae*: *Thymus vulgaris*, у складі якої домінував тимол, і *Origanum vulgare*, у якій переважав карвакрол. Як було визначено Т. Karpiński [5], серед десятків представників родини *Lamiaceae* ефірні олії видів роду *Thymus* найактивніше пригнічували патогенні мікроорганізми, відповідно до домінування ароматичних компонентів у їхньому складі. Ефірна олія *Thymus vulgaris*, у складі якої превалювали тимол (61,9%), *p*-цимен (10,0%) і  $\gamma$ -терпінен (10,0%), виявила значний інгібуючий ефект на антибіотикорезистентні штами *Staphylococcus aureus* [6]. Для ефірної олії одного з видів роду *Monarda* – *M. punctata*, у складі якої було 75,2% тимолу, теж встановлено антимікробний ефект щодо *Staphylococcus aureus* [20]. Fraternali D. та співавтори [9] виявили, що ефірна олія *M. didyma*, в якій було виявлено 57,3% тимолу, інгібувала фітопатогенні грибки *Rhizoctonia solani* та *Botrytis cinerea*. *Staphylococcus aureus* і *Candida albicans* виявили чутливість до ефірної олії *M. fistulosa*, у складі якої переважали тимол (42,01%) і *p*-цимен (15,45%) [4].

На основі проведеного ТШХ-аналізу ефірної олії *M. citriodora* (рис. 5), вилученої із сировини рослини під час її масового цвітіння, доведено наявність тимолу ( $R_f=0,43$ ; рухома фаза: толуол – етилацетат

(95:5)) як її основного аналітичного та біологічно активного маркера. Визначений хроматографічний профіль ефірної олії *M. citriodora* вітчизняної заготівлі можна використовувати для її подальшої ідентифікації.

Як визначили різні дослідники [9, 12, 13, 21, 22], компонентний склад ефірних олій рослин залежить як від їх генетичних особливостей (підвиду, культивуру, хемотипу), так і впливу різноманітних екологічних факторів, таких як: географічної широти, висоти над рівнем моря, погодних умов року, взаємовідносин із мікроорганізмами і тваринами, особливостей культивування, періоду заготівлі тощо. Lu Z. G. та співавтори [22] встановили, що переважаючими компонентами ефірної олії *M. citriodora* при заготівлі сировини на північному сході Китаю були тимол (44,6%) і 1,8-цинеол (23,6%). Каріофілен (19,15%) був домінуючим компонентом ефірної олії із трави цього виду, яку було заготовлено в Індії [14]. Інші індійські дослідники [15] виявили тимольний хемотип *M. citriodora*, оскільки тимол (82%) значно превалював над іншими компонентами ефірної олії: карвакролом (4,82%),  $\beta$ -мірценом (3,45%) та ін. Тимол був також домінуючим компонентом (66,4%) ефірної олії *M. citriodora*, заготовленої в Італії [23]. Науковці відмічають наявність хемотипових відмінностей у компонентному складі ефірних олій і в межах інших родів та видів родини *Lamiaceae* [24, 25].

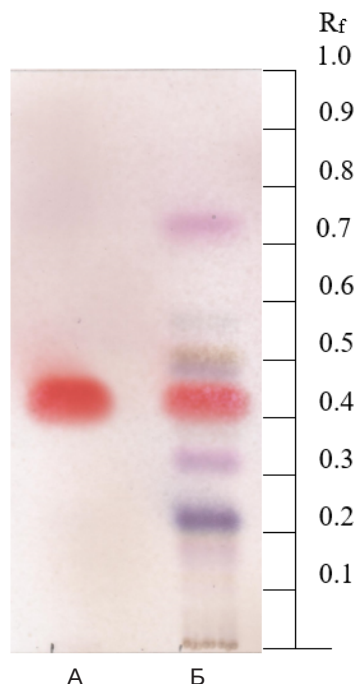


Рис. 5. ТШХ хроматограми стандартного зразка тимолу (А) та розчину ефірної олії *M. citriodora* (Б) після дериватизації анісового альдегіду розчином при денному світлі. Рухома фаза: толуол – етилацетат (95:5).

На основі узагальнення отриманих нами результатів та їх порівняння із даними наукових першоджерел було визначено, що досліджувана ефірна олія трави *M. citriodora* вітчизняної заготівлі, незалежно від фази вегетації рослини (початок чи масове цвітіння), належить до тимолово-карвакролового хемотипу.

**Висновки.** 1. Методом ГХ/МС вивчено компонентний склад ефірних олій сировини *M. citriodora*, заготовленої у дві фази вегетації під час культивування в умовах Херсонської області: початку цвітіння та масового цвітіння. Домінуючими компонентами обох ефірних олій були ароматичні монотерпеноїди тимол і карвакрол, сумарний вміст яких був вищим у фазу масового цвітіння рослин.

2. На основі отриманих даних ГХ/МС аналізу визначено хемотипові особливості ефірної олії об'єкту дослідження – *M. citriodora* вітчизняної заготівлі, який віднесено до тимолово-карвакролового хемотипу.

3. Запропоновано застосувати ТШХ-аналіз ефірної олії досліджуваної рослини як експрес-метод її ідентифікації.

4. У перспективі доцільним можна вважати порівняльне вивчення біологічної активності ефірних олій із трави *M. citriodora*, заготовленої у різні фази вегетації.

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

**Conflicts of interest:** authors have no conflict of interest to declare.

## CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS OF ESSENTIAL OILS OBTAINED FROM THE LEMON BEEBALM HERB IN THE DIFFERENT VEGETATION PHASES

M. I. Shanayda<sup>1</sup>, L. V. Svydenko<sup>2</sup>, N. V. Hvozdyk<sup>1</sup>, N. I. Hudz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Horbachevsky Ternopil National Medical University<sup>1</sup>

<sup>2</sup> Sector of Mobilization and Conservation of Plant Resources of the Rice Institute of the NAAS<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Danylo Halytsky Lviv National Medical University<sup>3</sup>

shanayda@tdmu.edu.ua

**The aim of the work.** Chromatographic analysis of essential oils obtained from the lemon beebalm (*Monarda citriodora* Cerv. ex Lag, *Lamiaceae* Martinov family) herb in the different phases of vegetation.

**Materials and Methods.** The herb of *M. citriodora* was harvested in the experimental plots of Kherson region (Ukraine) during two phases of vegetation: beginning of flowering and total flowering. The essential oil was obtained by hydrodistillation. Its

component was studied by gas chromatography with mass spectrometry method (GC/MS). The thin layer chromatography (TLC) was used to obtain the "chromatographic fingerprints" of the essential oil.

**Results and Discussion.** The component composition of *M. citriodora* essential oils was studied by GC/MS. There were identified 28 components in the essential oil obtained from the herb during the beginning of flowering, and 27 compounds were found during the total flowering of plants. The predominant components of both essential oils were aromatic monoterpenoids thymol and carvacrol. Harvesting the *M. citriodora* raw materials during the total flowering was determined to be more promising because of a higher total content of thymol and carvacrol (84.07 %) in the essential oil compared to the beginning of flowering period (75.09 %). It is proposed to use the TLC analysis of essential oil harvested during mass flowering as an express method for its identification.

**Conclusions.** The component composition and specific features of the essential oils of the *M. citriodora* raw materials produced in Kherson region of Ukraine during two different phases of vegetation were revealed. The thymol-carvacrol chemotype of the investigated essential oil was determined. The study of the potential of the pharmacological activity of the investigated essential oil could be considered as a very prospective direction of future research.

**Key words:** *Monarda citriodora*; essential oil; gas chromatography; thin layer chromatography; thymol; carvacrol; chemotype.

## ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ТРАВЫ МОНАРДЫ ЛИМОННОЙ РАЗЛИЧНЫХ ФАЗ ВЕГЕТАЦИИ

М. И. Шанайда<sup>1</sup>, Л. В. Свиденко<sup>2</sup>, Н. В. Гвоздик<sup>1</sup>, Н. И. Гудзь<sup>3</sup>

Тернопольский национальный медицинский университет имени И. Я. Горбачевского МЗ Украины<sup>1</sup>  
Сектор мобилизации и сохранения растительных ресурсов Института риса НААН<sup>2</sup>  
Львовский национальный медицинский университет имени Данила Галицкого<sup>3</sup>  
shanayda@tdmu.edu.ua

**Цель работы.** Хроматографический анализ эфирных масел монарды лимонной (*Monarda citriodora* Cerv. ex Lag, семейство *Lamiaceae* Martinov), полученных из травы растения в разные фазы вегетации.

**Материалы и методы.** В качестве материала для исследований использовали траву *M. citriodora*, которую заготавливали на опытных участках в Херсонской обл. (Украина) во время двух фаз вегетации: начала цветения и массового цветения растений. Эфирное масло получали методом гидродистилляции. Анализ его компонентного состава проводили методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ/МС). Для получения «хроматографических отпечатков» эфирного масла использовали метод тонкослойной хроматографии (ТСХ).

**Результаты и обсуждение.** На основании анализа ГХ/МС изучен компонентный состав эфирного масла сырья *M. citriodora*. В эфирном масле, полученном из травы растения во время начала его цветения, идентифицировано 28 компонентов; во время массового цветения – 27. Доминирующими компонентами обеих эфирных масел были ароматические монотерпеноиды тимол и карвакрол. Проведение заготовки сырья *M. citriodora* во время фазы массового цветения определено как более перспективное, учитывая более высокое суммарное содержание в эфирном масле тимола и карвакрола (84,07 %) в этот период по сравнению с началом цветения (75,09 %). Предложено применять ТСХ-анализ эфирного масла из травы исследуемого растения, заготовленной во время массового цветения как экспресс-метод его идентификации.

**Выводы.** Определены компонентный состав и специфические особенности эфирных масел сырья *M. citriodora*, заготовленного в Херсонской области (Украина) во время двух разных фаз вегетации, на основе чего был установлен их тимольно-карвакрольный хемотип. В перспективе определена целесообразность изучения потенциала фармакологической активности эфирного масла исследуемого растения.

**Ключевые слова:** *Monarda citriodora*; эфирное масло; газовая хроматография; тонкослойная хроматография; тимол; карвакрол; хемотип.

### Список бібліографічних посилань

1. Bedi S., Tanuja, Vyas S.P. A handbook of aromatic and essential oil plants (cultivation, chemistry, processing and uses). Jodhpur: Agrobios, 2010. 598 p.
2. Biological activities of essential oils: from plant chemoeology to traditional healing systems. J. Sharifi-Rad, A. Sureda, G. C. Tenore et al. *Molecules*. 2017. N 22, 70.
3. Воробець Н. М., Рівіс О. Ю. Актуальність та перспективи використання лікарських рослин для лікування кандидозу ротової порожнини. *Вісник*

- проблем біології і медицини. 2017. Вип. 1 (135). С. 22–32.
4. Шанайда М. І., Покришко О. В. Антимікробна активність ефірних олій культивованих представників родини *Lamiaceae* Juss. *Annals of Mechnikov Institute*. 2014. № 4. Р. 66–69.
  5. Karpiński T. M. Essential oils of *Lamiaceae* family plants as antifungals. *Biomolecules*. 2020. Vol. 10(1), 103.
  6. Antimicrobial activity of five essential oils from *Lamiaceae* against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. B. Kot, K. Wierzchowska, M. Piechota et al. *Nat. Prod. Res.* 2019. Vol. 33 (24). P. 3587–3591.
  7. Lee J. H., Kim Y.G., Lee J. Carvacrol-rich oregano oil and thymol-rich thyme red oil inhibit biofilm formation and the virulence of uropathogenic *Escherichia coli*. *J. Appl. Microbiol.* 2017. Vol. 123 (6). P. 1420–1428.
  8. Antioxidant activity of essential oils obtained from aerial part of some *Lamiaceae* species M. Shanaida, N. Hudz, K. Korzeniowska, P. Wiczorek. *International Journal of Green Pharmacy*. 2018. Vol. 12 (3). P. 200–204.
  9. Chemical composition, antifungal and *in vitro* antioxidant properties of *Monarda didyma* L. essential oil. D. Fraternali, L. Giampieri, A. Bucchini et al. *J. Ess. Oil Res.* 2006. Vol. 18. P. 581–585.
  10. Державна Фармакопея України: в 3 т. / ДП «Український науково-експертний фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків: ДП «Український науково-експертний фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2014. Т. 3. 732 с.
  11. Вронська Л. В. Застосування тонкошарової хроматографії для ідентифікації трави меліси лікарської. *Фармацевтичний часопис*. 2011. № 4. С. 64–67.
  12. Высочина Г. И. Род *Monarda* L. (*Lamiaceae*): химический состав, биологическая активность и практическое применение (Обзор). *Химия в интересах устойчивого развития*. 2020. Vol. 28 (2). С. 107–123.
  13. Федотов С. В. Эфирные масла монард видов *Monarda fistulosa* L., *Monarda didyma* L., *Monarda citriodora* Cervantes ex Lag., их хемотипы и биологическая активность. *Сборник научных трудов ГНБС*. 2015. Т. 141. URL: [//www.real-aroma.ru/period\\_izdania/sbornik\\_GNBS/monarda.htm](http://www.real-aroma.ru/period_izdania/sbornik_GNBS/monarda.htm)
  14. Nanoencapsulated *Monarda citriodora* Cerv. ex Lag. essential oil as potential antifungal and antiflatulogenic agent against deterioration of stored functional foods. Deepika, A. Singh, A. K. Chaudhar et al. *J. Food Sci. Technol.* 2020. Vol. 57 (8). P. 2863–2876.
  15. Disruption of the PI3K/AKT/mTOR signaling cascade and induction of apoptosis in HL-60 cells by an essential oil from *Monarda citriodora*. A. S. Pathania, S. K. Guru, M. K. Verma et al. *Food and Chemical Toxicology*. 2013. Vol. 62. P. 246–254.
  16. Pharmacological properties and molecular mechanisms of thymol: prospects for its therapeutic potential and pharmaceutical development. M. F. Nagoor Meeran, H. Javed, H. Al Taei et al. *Front. Pharmacol.* 2017. Vol. 8, 380.
  17. Phytochemical evaluation of tinctures and essential oil obtained from *Satureja montana* herb. N. Hudz, E. Makowicz, M. Shanaida et al. *Molecules*. 2020. Vol. 25 (20), 4763.
  18. Carvacrol and thymol: strong antimicrobial agents against resistant isolates. M. Y. Memar, P. Raei, N. Alizadeh et al. *Reviews in Medical Microbiology*. 2017. Vol. 28 (2). P. 63–68.
  19. Essential oils from *Monarda fistulosa*: chemical composition and activation of transient receptor potential A1 (TRPA1) channels. M. Ghosh, I. A. Schepetkin, G. Özek et al. *Molecules*. 2020. Vol. 25(21), 4873.
  20. Antibacterial activity and mechanism of action of *Monarda punctata* essential oil and its main components against common bacterial pathogens in respiratory tract. H. Li, T. Yang, F.-Y. Li et al. *Int. J. Clin. Exp. Pathol.* 2014. Vol. 7 (11). P. 7389–7398.
  21. Morphological and phytochemical screening of some *Thymus* ecotypes (*Thymus* spp.) native to Iran in order to select elite genotypes. S. Mohammadi, L. Tabrizi, M. Shokrpour et al. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2020. Vol. 93. P. 186–196.
  22. Lu Z.G., Li X.H., Li W. Chemical composition of antibacterial activity of essential oil from *Monarda citriodora* flowers. *Advanced Materials Research*. 2011. Vol. 183. P. 920–923.
  23. *Monarda citriodora* hydrolate vs essential oil comparison in several anti-microbial applications. M. Di Vito, G. Bellardi, F. Mondello et al. *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 128. P. 206–212.
  24. Phytochemistry, chemotaxonomy, ethnopharmacology, and nutraceuticals of *Lamiaceae*. C. Frezza, A. Venditti, M. Serafini, A. Bianco. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2019. Vol. 2. P. 125–178.
  25. The phytochemical and chemotaxonomic study of *Salvia* spp. growing in Ukraine. O. Koshoviy, A. Raal, A. Kovaleva et al. *J. Appl. Biol. Biotech.* 2020. Vol. 8 (3). P. 29–36.

## References

1. Bedi S, Tanuja, Vyas SP. A handbook of aromatic and essential oil plants (cultivation, chemistry, processing and uses). Jodhpur: Agrobios, 2010.
2. Sharifi-Rad J, Sureda A, Tenore GC, Daglia M, Sharifi-Rad M, Marco Valussi M et al. Biological activities of essential oils: from plant chemoeology to traditional healing systems. *Molecules*. 2017;22: 70.
3. Vorobets N, Ravis O. Actuality and perspectives of using medicinal plants for the treatment of oral candidiasis. *Visnyk problem biolohii i medytsyny*. 2017;1(135): 22-32. Ukrainian.
4. Shanayda MI, Pokryshko OV. Antimicrobial activity of essential oils of plants belonging to *Lamiaceae* Juss. family. *Annals of Mechnikov Institute*. 2014;4: 66-9. Ukrainian.
5. Karpiński TM. Essential oils of *Lamiaceae* family plants as antifungals. *Biomolecules*. 2020;10(1): 103.
6. Kot B, Wierzchowska K, Piechota M, Czerniewicz P, Chrzanowski G. Antimicrobial activity of five essential



- oils from *Lamiaceae* against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. *Nat. Prod. Res.* 2019;33(24): 3587-91.
7. Lee JH, Kim YG, Lee J. Carvacrol-rich oregano oil and thymol-rich thyme red oil inhibit biofilm formation and the virulence of uropathogenic *Escherichia coli*. *J. Appl. Microbiol.* 2017;123(6): 1420-8.
  8. Shanaida M, Hudz N, Korzeniowska K, Wieczorek PP. Antioxidant activity of essential oils obtained from aerial part of some *Lamiaceae* species *International Journal of Green Pharmacy.* 2018;12(3): 200-4.
  9. Fraternali D, Giamperi L, Bucchini A, Ricci D, Epifano F, Burini G, Curini M. Chemical composition, antifungal and *in vitro* antioxidant properties of *Monarda didyma* L. essential oil. *J Ess Oil Res.* 2006;18: 581-5.
  10. The State Pharmacopoeia of Ukraine: Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center of Quality of Medicinal Products. Ed.2. [Державна Фармакопея України: ДП «Український науково-експертний фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків: ДП «Український науково-експертний фармакопейний центр якості лікарських засобів»] Kharkiv: Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center of Quality of Medicinal Products. 2014. Ukrainian.
  11. Vronska LV. Application of thin layer chromatography method for lemon balm herb identification. *Farm chasop.* 2011;4: 64-7. Ukrainian.
  12. Vysochina, G.I. Genus *Monarda* (Lamiaceae): chemical composition, biological activity and practical application (a review). *Chemistry in the Interest of Sustainable Development.* 2020; 28(2): 105-20. Russian.
  13. Fedotov SV. Essential oils of *Monarda fistulosa* L., *Monarda didyma* L., *Monarda citriodora* Cervantes ex Lag., their chemotypes and biological. *Sbornik nauchnych trudov SNBG.* 2015; 141. Available from: [http://www.real-aroma.ru/period\\_izdania/sbornik\\_GNBS/monarda.htm](http://www.real-aroma.ru/period_izdania/sbornik_GNBS/monarda.htm) Russian.
  14. Deepika, Singh A, Chaudhar AK, Das S, Dubey NK. Nanoencapsulated *Monarda citriodora* Cerv. ex Lag. essential oil as potential antifungal and antiaflatoxinogenic agent against deterioration of stored functional foods. *J Food Sci Technol.* 2020;57(8): 2863-76.
  15. Pathania AS, Guru SK, Verma MK, Sharma G, Abdullah ST, Fayaz Malik F et al. Disruption of the PI3K/AKT/mTOR signaling cascade and induction of apoptosis in HL-60 cells by an essential oil from *Monarda citriodora*. *Food and chemical toxicology.* 2013;62: 246-54.
  16. Nagoor Meeran MF, Javed H, Al Taei H, Azimullah S, Ojha SK. Pharmacological properties and molecular mechanisms of thymol: prospects for its therapeutic potential and pharmaceutical development. *Front Pharmacol.* 2017;8: 380.
  17. Hudz N, Makowicz E, Shanaida M, Białoń M, Jasińska-Misiak I, Yezerska O, Svydenko L, Wieczorek PP. Phytochemical evaluation of tinctures and essential oil obtained from *Satureja montana* herb. *Molecules.* 2020;25(20): 4763.
  18. Memar MY, Raei P, Alizadeh N, Aghdam MA, Kafil HS. Carvacrol and thymol: strong antimicrobial agents against resistant isolates. *Reviews in Medical Microbiology.* 2017;28(2): 63-8.
  19. Ghosh M, Schepetkin IA, Özek G, Özek T, Khlebnikov AI, Damron DS, Quinn MT. Essential oils from *Monarda fistulosa*: chemical composition and activation of transient receptor potential A1 (TRPA1) channels. *Molecules.* 2020;25(21): 4873.
  20. Li H, Yang T, Li F-Y, Yao Y, Sun Z-M. Antibacterial activity and mechanism of action of *Monarda punctata* essential oil and its main components against common bacterial pathogens in respiratory tract. *Int J Clin Exp Pathol.* 2014;7(11): 7389-98.
  21. Mohammadi S, Tabrizi L, Shokrpour M, Hadian J, Schulz H, Riewe D. Morphological and phytochemical screening of some *Thymus* ecotypes (*Thymus* spp.) native to Iran in order to select elite genotypes. *Journal of Applied Botany and Food Quality.* 2020;93: 186-96.
  22. Lu ZG, Li XH, Li W. Chemical composition of antibacterial activity of essential oil from *Monarda citriodora* flowers. *Advanced Materials Research.* 2011;183: 920-3.
  23. Di Vito M, Bellardi G, Mondello F, Modesto M, Michelozzi M, Bugli F et al. *Monarda citriodora* hydrolate vs essential oil comparison in several anti-microbial applications. *Industrial Crops and Products.* 2019;128: 206-12.
  24. Frezza C, Venditti A, Serafini M, Bianco A. Phytochemistry, chemotaxonomy, ethnopharmacology, and nutraceuticals of *Lamiaceae*. *Studies in Natural Products Chemistry.* 2019;2: 125-78.
  25. Koshovyi O, Raal A, Kovaleva A, Myha M, Ilina T, Borodina N, Komissarenko A. The phytochemical and chemotaxonomic study of *Salvia* spp. growing in Ukraine. *J Appl Biol Biotech.* 2020;8(3): 29-36.

#### Відомості про авторів

**Шанайда М. І.** – канд. біол. наук, доцент кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, Тернопіль, Україна. E-mail: shanayda@tdmu.edu.ua, ORCID 0000-0003-1070-6739

**Свиденко Л. В.** – канд. біол. наук, старший науковий співробітник сектору мобілізації та збереження рослинних ресурсів, Інститут рису НААН України. E-mail: svid65@ukr.net, ORCID 0000-0002-4043-9240

**Гвоздик Н. В.** – студентка 5 курсу фармацевтичного факультету, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, Тернопіль, Україна. E-mail: gvozdyk\_nava@tdmu.edu.ua.

**Гудзь Н. І.** – канд. фармац. наук, доцент кафедри технології ліків і біофармації, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького. E-mail: natali\_gudz@ukr.net, ORCID 0000-0002-2240-0852.

**Information about the authors**

**Shanayda M. I.** – PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Pharmacognosy and Medical Botany, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine. E-mail: shanayda@tdmu.edu.ua, ORCID 0000-0003-1070-6739

**Svydenko L. V.** – PhD (Biology), Senior Researcher of the Sector of Mobilization and Conservation of Plant Resources of the Rice Institute of the NAAS, Ukraine. E-mail: svid65@ukr.net, ORCID 0000-0002-4043-9240

**Hvozdyk N. V.** – fifth-year student of Pharmaceutical Faculty, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine. E-mail: gvozdyk\_nava@tdmu.edu.ua.

**Hudz N. I.** – PhD (Pharmacy), Associate Professor of the Department of Drug Technology and Biopharmacy, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Ukraine. E-mail: natali\_gudz@ukr.net, ORCID 0000-0002-2240-0852