

УДК 579.6:665.52

DOI: 10.20535/1810-0546.2016.3.64976

В.Ю. Поліщук, О.М. Дуган

Національний технічний університет України “КПІ”, Київ, Україна

## СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ З АРОМАТОМ ТРОЯНДИ

**Background.** Rose essential oil is one of the most precious essential oils, which is in great demand and is widely used in perfumery and cosmetics, food and pharmaceutical industries. However, traditional methods of production have certain disadvantages; therefore, the biotechnological methods of obtaining rose fragrance essential oil become topical.

**Objective.** The aim is the analysis of current literary sources regarding the possibility of obtaining rose fragrance essential oil by traditional and biotechnological methods, search of the most promising microorganisms for further research.

**Methods.** In this paper monitoring and analysis of domestic and foreign literature are carried out.

**Results.** The traditional methods of obtaining rose essential oil, its properties and use are considered. The genera of microorganisms which are able to synthesize fragrant compounds being constituent parts of rose essential oil are identified. Representatives of genus *Eremothecium* relate to prospective producers that synthesize riboflavin as well as components of rose essential oil ( $\beta$ -phenylethanol, geraniol, citronellol and nerol).

**Conclusions.** The economic reasonability of production on the basis of *Eremothecium* can be increased at the expense of application of complex obtaining riboflavin and essential oil for satisfaction of medical, pharmaceutical, cosmetic and food industry requirements.

**Keywords:** rose essential oil; fungi; synthesis *de novo*; producer; *Eremothecium*.

### Вступ

Ефірні олії – це суміші запашних летких речовин, які утворюються у рослинах та відносяться до різних класів органічних сполук, переважно терпенів і терпеноїдів (кисневих сполук терпенів), рідше до ароматичних й аліфатичних сполук [1–3]. Вони мають характерний ароматний запах та олієподібну консистенцію.

Традиційно трояндову ефірну олію, яка є однією з найдорожчих олій, отримують з ефіроолійних видів троянд [4–6]. Очевидно, що сировинна база промислового отримання ефірних олій досить обмежена і не може задовольнити постійно зростаючий попит. До того ж поставки цієї рослинної сировини мають сезонний характер і залежні від кліматичних умов. Збір ефірної олії з плантацій залежить від великої кількості показників: олійності культури, врожайності, ґрунтово-кліматичних умов, агротехнічних прийомів оброблення, фази розвитку під час збору, часу збирання протягом доби, умов і строків зберігання сировини [3, 5, 6]. Ефіроолійна сировина втрачає ефірну олію після збирання і переробляється в свіжому стані [3]. Перераховані проблеми можливо вирішити біотехнологічним шляхом.

### Постановка задачі

Метою роботи є проведення аналізу сучасних літературних джерел щодо можливості отримання ефірної олії з ароматом троянди традиційними та біотехнологічними способами, опис мікроорганізмів, здатних синтезувати *de novo* леткі запашні речовини з ароматом троянди, та виявлення серед них найбільш перспективних для подальших досліджень.

мання ефірної олії з ароматом троянди традиційними та біотехнологічними способами, опис мікроорганізмів, здатних синтезувати *de novo* леткі запашні речовини з ароматом троянди, та виявлення серед них найбільш перспективних для подальших досліджень.

### Традиційні способи отримання ефірної олії троянди та її властивості

Ефіроолійна флора налічує близько 3000 видів рослин, однак промислове значення мають лише 150–200 видів [3]. Особливо багато цінних ефірних олій отримують з родини розових (наприклад, трояндову ефірну олію). Троянди у порядку розоцвіті (*Rosales*) родини розових (*Rosaceae*) становлять окремий рід, який налічує близько 400 видів та 25 тис. сортів [3]. Більшість із них є декоративними. До ефіроолійних видів належать троянда дамаська або казанликська (*Rosa damascena* Mill.), яка вирощується вже більше 300 років у Долині троянд біля м. Казанлик у Болгарії [4, 5]. Цей же вид використовується для отримання трояндової олії у Туреччині [6]. У значно менших обсягах у Болгарії отримують ефірну олію з троянди білої (*R. alba* L.) [4]. У Криму ефірну олію одержують із троянди гальської або червоної (*R. gallica* L.). Сорт кримська червона був виведений у Нікітському ботанічному саду в 30-х рр. XX ст. Також трояндову олію отримують з троянди столистої (*R. certifolia* L.), яку

використовують у Франції та Марокко, троянди мускатної (*R. moschata*) тощо [2, 3].

Ефіроолійну троянду культивують протягом багатьох сотень років. Промислове виробництво трояндової олії налічує три століття. У світі ефірну олію вищої якості виробляють такі країни, як Саудівська Аравія (місто Таїф), Болгарія (Казанлик), Туреччина (Іспарта) і Узбекистан (Ташкентська область) [6, 7]. Загальний обсяг виробництва трояндової олії становить приблизно 5 т, причому основними виробниками є Болгарія і Туреччина. Також трояндову олію виробляють Марокко, Єгипет, Китай, Росія, Іран та Індія [7, 8]. Крім того, Іран є основним постачальником трояндової води на світовий ринок [7].

До 1992 р. виробництво трояндової ефірної олії методом гідродистиляції в республіках СРСР (Україна, Молдова та ін.) становило близько 4 т/рік. Нині воно різко скоротилося через економічну кризу в країнах СНД [2]. Відбулося різке і значне скорочення трояндових плантацій (з 1375 до 173 га у 2007 р.), що пов'язано з високою собівартістю трояндової олії. У 2007 р. у Криму було вироблено лише 600 кг ефірної олії (екстракту) троянди, що в 2 рази менше можливостей ефіроолійної галузі цього регіону [9, 10].

Як сировину для отримання ефірної олії використовують квіти троянди. У квітках ефіроолійної троянди вміст ефірної олії коливається від 0,06 до 0,2 % залежно від виду сировини [1, 3]. Вміст ефірної олії в квітках значною мірою залежить від їх розвитку і часу збору.

Компонентний склад трояндової олії та її якість регламентуються ДСТУ 4652:2006 "Олія ефірна трояндова. Технічні умови". Відповідно до цього стандарту загальна масова частка спиртів у перерахунку на  $\beta$ -фенілетиловий спирт має становити 75–88 %, масова частка монотерпенових спиртів у перерахунку на гераніол – не менше 8 %. Проте слід брати до уваги показники, які регламентуються міжнародним стандартом ISO 9842:2003 "Rose Oil", тим більше що вони відрізняються від наведених у ДСТУ. На відміну від українських стандартів, ISO регламентує значно менший вміст  $\beta$ -фенілетилового спирту (<3,5 %) та значно більший вміст монотерпенових спиртів: цитронелолу 20–34 %, неролу 5–12 % та гераніолу 15–22 %. Ефірна олія, що відповідає міжнародним стандартам, вирізняється більш високою якістю за рахунок зниженого вмісту фенілетанолу та відносного збільшення частки монотерпенових спиртів.

Саме такої якості є трояндова ефірна олія, що виробляється у Болгарії методом подвійної гідродистиляції [2, 4, 8]. Кримська гідродистиляційна олія та олія, отримана методом екстракції (абсолю), містять значну кількість фенілетилового спирту [2, 11].

Головними компонентами ефірної олії троянди є фенілетиловий спирт, гераніол, цитронелол, нерол, а також у ній міститься велика кількість міnorних компонентів (більше 200). Крім того, в квітках троянди містяться жирна олія, стерини, воски, органічні кислоти, вуглеводи та інші органічні й неорганічні речовини [3]. Парфумерні властивості болгарської олії визначають не тільки і не стільки такі основні її компоненти, як цитронелол, гераніол і нерол, скільки міnorні складові, які мають дуже малі пороги нюху і тому сильно впливають на запах суміші. До них належать насамперед розеноксид,  $\beta$ -дамасценон,  $\beta$ -іонон і  $\beta$ -дамаскон [2].

Ефірну олію троянди отримують із рослинних матеріалів паровою дистиляцією (гідродистиляцією) та екстракцією. При цьому одержують різні за фізико-хімічними властивостями і парфумерними якостями продукти самостійного призначення – дистиляційну та екстракційну ефірні олії.

Способом парової дистиляції вилучають із сировини тільки сполуки, що летять з водяною парою. Суміш парів ефірної олії та води конденсують і відділяють невелику кількість первинної ефірної олії, а дистиляційні води переганяють повторно (когують). При цьому отримують основну частину ефірної олії, яку купажують з первинною. Вихід ефірної олії троянди становить у середньому 0,025 %, так що для отримання 1 кг олії доводиться зібрати вручну і переробити близько 4 т пелюсток [2, 6]. Після перегонки олії залишається трояндова вода. У ній частка олії становить близько 0,2 % [7]. Метод подвійної перегонки традиційно застосовується у Болгарії та Туреччині.

Технологія отримання дистиляційної трояндової олії в Криму сильно відрізняється від прийомів отримання трояндової олії в Болгарії та Туреччині. Дистиляційні води після гідродистиляції та відділення первинної олії піддають екстракції з метою практично повного вилучення всіх компонентів масла, включаючи  $\beta$ -фенілетиловий спирт для подальшого його додавання в первинну олію. В результаті цього вихід ефірної олії збільшується, але вміст фенілетилового спирту в кримській олії може ста-

новити 60–80 %, у той час як у болгарській або турецькій – всього 2–4 %. Загальний вихід олії коливається від 0,06 до 0,1 % залежно від якості сировини. Застосування процесу ферментації троянди дає змогу збільшити вихід ефірної олії, але проведення ферментації різко збільшує вміст фенілетилового спирту і зменшує вміст терпенових спиртів [1–3, 12].

Більш ефективним способом переробки ефіроолійних рослин є екстракційний. Його застосування дає можливість отримувати високоякісні продукти з великим виходом олії за рахунок вилучення нелетких речовин.

Квітки троянди, ферментовані або свіжі, екстрагують органічним розчинником, розчинник відганяють і отримують екстракт, так званий конкрет. Для отримання абсолютного ефірного масла, або абсолю, конкрет оброблюють етиловим спиртом і при охолодженні осаджують основну частину нелетких баластних речовин – жирів, восків, смол, пігментів, переважно зберігаючи леткі ароматні речовини, характерні для рослини-продуцента. Вихід абсолютної трояндової олії становить 0,1–0,13 % [1–3].

Трояндова ефірна олія, ціна якої на світовому ринку сягає 5000 євро за 1 кг, користується надзвичайним попитом [5]. Вона відіграє особливу роль у парфумерії, де застосовується як базовий компонент. Більше 50 % світових парфумерних брендів виготовляють продукцію на основі трояндової олії. Особливо високо цінується парфумерами болгарська трояндова олія [11]. Завдяки своїм ароматичним властивостям трояндова олія широко використовується у косметичній промисловості, а також у харчовій промисловості як ароматизатор. Трояндова вода і олія широко застосовуються в кондитерському і лікєро-горілчаному виробництвах.

Трояндова олія також використовується в медицині і фармацевтиці. Вона має помірну антибактеріальну та противірусну дію [1, 11, 13, 14]. Монотерпенові спирти, що входять до складу олії, є гарними антисептиками, діючи проти вірусних, бактеріальних та грибкових інфекцій [1]. Трояндова олія має аналгетичну, жарознижувальну, протизапальну, протинабрякову, жовчогінну, гепатопротекторну дію, проявляє антиоксидантну активність. Застосовується при лікуванні стоматиту, пародонтозу, герпесу, шкірних та інших захворювань, трояндова вода використовується для очних примочок [1, 11, 13, 14]. Ефірна олія має також стимулювальну або заспокійливу дію на централь-

ну нервову систему, проявляє імуномодулювальний ефект [7]. Олію застосовують як коригент фармацевтичних препаратів з метою поліпшення їх смаку і запаху.

### Біотехнологічні можливості отримання ефірної олії з ароматом троянди

З незапам'ятних часів людина використовує мікроорганізми, здатні продукувати аромати, особливо при отриманні ферментованих харчових продуктів і напоїв. Проте лише у першій половині ХХ-го ст. почалося дослідження мікроорганізмів як природних джерел різних ароматів. Одним із перших огляд з цієї тематики написав відомий російський мікробіолог В.Л. Омелянський.

Багато ароматизаторів на ринку виробляються шляхом хімічного синтезу. Хімічні виробництва є екологічно несприятливими, а отримані продукти містять небажані рацемічні суміші. Споживач більше не хоче використовувати продукти, “ідентичні натуральним”, тому в останні 30 років значно інтенсифікувалося вивчення ароматотвірних мікроорганізмів та нових шляхів одержання натуральних запашних речовин [15, 16]. Отримувати нові ароматичні сполуки можливо методами біотрансформації з менш цінних компонентів, використовуючи мікроорганізми або ізольовані ферменти, та за допомогою *de novo* синтезу цих сполук мікроорганізмами [15–19].

Особливий інтерес як нетрадиційні джерела ефірних олій становлять мікроорганізми (бактерії, актиноміцети, гриби, дріжджі, водорості), здатні синтезувати ці субстанції *de novo*. Найбільш перспективними з метою отримання ефірних олій і летких запашних з'єднань з різноманітними напрямками запаху є грибні культури, які належать до базидіоміцетів і аскоміцетів, у т.ч. дріжджі. У табл. 1, 2 вказані мікроорганізми, які здатні синтезувати *de novo* речовини з ароматом троянди (переважно це фенілетиловий спирт, цитронелол, гераніол і нерол).

Серед наведених у табл. 1, 2 мікроорганізмів більшість синтезують квітковий, переважно трояндовий, аромат лише за рахунок синтезу вищого ароматичного спирту 2-фенілетанолу, який міститься в ефірній олії троянди у великій кількості [18, 19]. Проте найбільш цінною та затребуваною ефірною олією троянди є олія болгарського виробництва, яка містить незначну кількість фенілетилового спирту (менше 3,5 %), за рахунок чого в ній збільшується

Таблиця 1. Міцеліальні гриби, які *de novo* синтезують речовини з ароматом троянди [15, 16, 18–21]

Вид мікроорганізму	Таксономічне положення [20]	Запашні речовини, що синтезуються	Запах	Посилання
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Eurotiomycetes, Trichocomaceae</i>	Метилкетони; 2-фенілетанол	Неприємний, подібний трояндовому	[16, 18]
<i>Ceratocystis fimbriata</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Sordariomycetes, incertae sedis</i>	Ліналоол, цитронелол, гераніол, $\alpha$ -терпінеол	Солодкий, фруктовий	[16, 19, 21]
<i>Ceratocystis moniliformis</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Sordariomycetes, incertae sedis</i>	3-метилбутилацетат, гераніол, цитронелол, нерол, ліналоол, $\alpha$ -терпінеол, гераніаль, нераль, цитронелілацетат, геранілацетат	Запахи банана, груші, троянди, персика	[16, 19]
<i>Ceratocystis variospora</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Sordariomycetes, incertae sedis</i>	Цитронелол, цитронелілацетат, гераніаль, нераль, гераніол, ліналоол, геранілацетат, нерол, $\alpha$ -терпінеол	Ароматний, подібний запаху герані	[16, 19]
<i>Ceratocystis virescens</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Sordariomycetes, incertae sedis</i>	Цитронелол, гераніол, ліналоол, геранілацетат, нерол, $\alpha$ -терпінеол, гераніаль, нераль, цитронелілацетат, нерілацетат	Фруктовий, подібний трояндовому	[15, 19]
<i>Mycena pura</i>	<i>Fungi, Basidiomycota, Agaricomycetes, Mycenaceae</i>	Цитронелол	Запах троянди	[18]
<i>Penicillium decumbens</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Eurotiomycetes, Trichocomaceae</i>	Туйопсен, 3-октанон, неролідол, 1-октен-3-ол, $\beta$ -фенілетанол	Подібний сосновому, трояндовому, яблучному, запаху грибів	[19]
<i>Trichothecium roseum</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Sordariomycetes, incertae sedis</i>	Нерол, ліналоол, цитронелол, терпінеол, неролідол, ліналілацетат, цитронелілацетат, геранілацетат, 1-октен-3-ол, 3-октанол, 1,5-октадиен-3-ол, октан-1-ол, 2-октен-1-ол	Квітковий, грибний	[19]

кількість монотерпенових спиртів. У зв'язку з цим найбільший інтерес становлять види родів *Ambrosiozyma*, *Ceratocystis*, *Eremothecium*, *Kluuyveromyces*, *Mycena* та *Saccharomyces*, оскільки вони здатні синтезувати монотерпенові спирти (гераніол, цитронелол, нерол, ліналоол тощо), які є головними компонентами трояндової ефірної олії [16, 18, 19, 22–26, 28]. Проте рівень накопичення з'єднань, що створюють аромат, у наведених грибів варіює від сотень мікрограмів до сотень міліграмів (*C. moniliformis*, *Eremothecium ashbyi*, *E. gossypii*) на літр культуральної рідини [15, 19, 23, 24, 28]. Найвищі показники були відзначені у *E. ashbyi*, який здатен синтезувати до 180 мг ефірної олії на літр культуральної рідини протягом перших діб росту, що

можна порівняти із вмістом ефірної олії в 500–600 г квіток троянди [22–26]. До складу ефірної олії з грибів роду *Eremothecium* входять  $\beta$ -фенілетанол (20–57%), гераніол (31–81%), цитронелол (2,5–11%), нерол (1,1–6,8%) [23, 24, 26].

Особливу увагу привертають до себе гриби роду *Eremothecium*, оскільки, крім синтезу ефірної олії, вони здатні до понадсинтезу такого цінного вітаміну, як рибофлавін [24, 25, 29–32]. Уперше ця здатність була виявлена в 1935 р. М.А. Гільермоном (Guilliermond), який виділив та описав *E. ashbyi*.

Промислове виробництво рибофлавіну може бути здійснене трьома способами: хімічним синтезом, мікробіологічним синтезом та змішаним

Таблиця 2. Дріжджі і дріжджеподібні гриби, які *de novo* синтезують речовини з ароматом троянди [15–28]

Вид мікроорганізму	Таксономічне положення [20]	Запашні речовини, що синтезуються	Запах	Посилання
<i>Ascoidea hylecoeti</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Ascoideaceae</i>	$\beta$ -фенілетанол, фуран-2-карбонова кислота, цитронелол, нерол, ліналоол, $\alpha$ -терпінеол, цитронелаль, лімонен, мірцен, цитронелілацетат	Фруктовий, квітковий, подібний трояндовому	[18, 19]
<i>Ambrosiozyma cicatricosa</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Saccharomycopsidaceae</i>	Гераніол, цитронелол, ліналоол, нерол, $\beta$ -фенілетанол, $\alpha$ -терпінеол, цитраль	Подібний трояндовому	[19]
<i>Ambrosiozyma monospora</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Saccharomycopsidaceae</i>	Гераніол, цитронелол, ліналоол, нерол, $\beta$ -фенілетанол, $\alpha$ -терпінеол, цитраль	Подібний трояндовому	[19]
<i>Cyberlindnera jadinii</i> (syn. <i>Torulopsis utilis</i> , <i>Candida utilis</i> )	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, incertae sedis</i>	2-фенілетанол, етилацетат	Подібний трояндовому	[21]
<i>Cyberlindnera saturnus</i> (syn. <i>Hansenula saturnus</i> )	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, incertae sedis</i>	Етилацетат, 3-метилбутанол, 3-метилбутилацетат, 2-фенілетанол, 2-фенілетилацетат	Подібний трояндовому	[19]
<i>Eremothecium ashbyi</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Eremotheciaceae</i>	Гераніол, цитронелол, нерол, ліналоол, $\beta$ -фенілетанол, цитраль, фарнезол	Подібний трояндовому	[19, 22–26]
<i>Eremothecium gossypii</i> (syn. <i>Ashbya gossypii</i> )	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Eremotheciaceae</i>	Гераніол, цитронелол, нерол, ліналоол, $\beta$ -фенілетанол, цитраль, фарнезол	Подібний трояндовому	[22–25]
<i>Kluyveromyces lactis</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Saccharomycetaceae</i>	Цитронелол, гераніол, ліналоол, $\beta$ -фенілетанол, ефіри, ізоаміловий спирт, ацетоїн, 2-фенілацетат, ізобутанол, ізовалеріанова кислота	Фруктовий, подібний трояндовому, квітковий	[15, 18, 19, 27]
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Saccharomycetaceae</i>	2-фенілетанол, 2-фенілетилацетат	Подібний трояндовому	[16, 17, 19, 21, 27]
<i>Millerozyma farinosa</i> (syn. <i>Pichia farinosa</i> )	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Debaryomycetaceae</i>	Етилацетат, 3-метилбутанол, 3-метилбутилацетат, 2-фенілетанол, 2-фенілетилацетат	Подібний трояндовому	[19]
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Saccharomycetaceae</i>	2-фенілетанол, ліналоол, гераніол, цитронелол, $\alpha$ -терпеніол	Подібний трояндовому; квітково-фруктовий	[15–17, 19, 27, 28]
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (syn. <i>Saccharomyces vini</i> )	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Saccharomycetaceae</i>	2-фенілетанол	Подібний трояндовому	[28]
<i>Wickerhamomyces anomala</i> (syn. <i>Hansenula anomala</i> , <i>Pichia anomala</i> )	<i>Fungi, Ascomycota, Saccharomycetes, Wickerhamomycetaceae</i>	Етилацетат, ізобутилацетат, 3-метилбутилацетат, фенілетанол, фенілетилацетат	Квітково-фруктовий	[16, 19]

синтезом, який включає мікробний синтез рибози з подальшою хімічною модифікацією її в рибофлавін. Рибофлавін, синтезований хімічно, використовують у фармацевтичному виробництві, а отриманий ферментаційно за допомогою *E. ashbyi* або *E. gossypii* – як кормовий концентрат для птахів і домашньої худоби. Проте додаткові етапи виділення й очистки дають можливість з рибофлавіну, отриманого ферментаційно, одержати препарат медичної якості [32]. Крім синтезу рибофлавіну, *E. ashbyi* здатен синтезувати до 30 % флавінаденіндинуклеотиду від загальної кількості флавінів, що особливо цінно для медичної промисловості. Для збільшення синтезу рибофлавіну було застосовано статистичні методи [31], досліджено деякі органічні відходи [32], досліджено різноманітні джерела вуглецю й азоту і їх вплив на біосинтез рибофлавіну [24, 29, 32].

Враховуючи зазначене вище, можна відзначити, що гриби роду *Eremothecium* є перспективними для впровадження у виробництво, оскільки здатні до синтезу двох цінних продуктів: рибофлавіну та ефірної олії з ароматом троянди. Для виділення ефірної олії з культуральної рідини доцільно застосовувати методи гідродистиляції або екстракції, як і при отриманні олії з пелюсток троянди [25]. Одержана ефірна олія з *Eremothecium* може бути застосо-

вана у харчовій, парфюмерно-косметичній та фармацевтичній промисловості.

### Висновки

Проаналізовані можливості отримання ефірної олії троянди традиційними методами, оцінені їх переваги та недоліки. Охарактеризовані властивості олії, що одержана різними методами та відповідає різним стандартам.

У результаті проведення аналізу сучасних літературних джерел показано різноманіття мікроорганізмів, здатних синтезувати *de novo* леткі запашні речовини з ароматом, подібним до трояндового.

Відібрані та описані мікроорганізми, які становлять найбільший інтерес для отримання ефірної олії (*Ambrosiozyma*, *Ceratocystis*, *Eremothecium*, *Kluyveromyces*, *Mycena* та *Saccharomyces*). Серед наведених мікроорганізмів виділені види роду *Eremothecium*, оскільки вони здатні до синтезу найбільшої кількості ефірної олії.

Представники роду *Eremothecium* є перспективними продуцентами як рибофлавіну, так і ефірної олії з ароматом троянди. Це є передумовою для подальших досліджень та створення технології комплексного виробництва обох продуктів, що економічно доцільно.

### Список літератури

1. Гуринович Л.К., Пучкова Т.В. Эфирные масла: химия, технология, анализ и применение. – М.: Школа косметических химиков, 2005. – 192 с.
2. Войткевич С.А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии. – М.: Пищевая пром-сть, 1999. – 284 с.
3. Технология натуральных эфирных масел и синтетических душистых веществ / И.И. Сидоров, Н.А. Турышева, Л.П. Фалеева, Е.И. Ясюкевич – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 368 с.
4. Chemical composition of different genotypes oil – bearing roses / A. Dobрева, A. Velcheva, V. Bardarov, K. Bardarov // Bulgarian J. Agricultural Sci. – 2013. – 19, № 6. – P. 1213–1218.
5. Kovacheva N., Rusanov K., Atanassov I. Industrial cultivation of oil bearing rose and rose oil production in Bulgaria during 21<sup>st</sup> century, directions and challenges // Biotechnol. Biotech. Eq. – 2010. – 24, № 2. – P. 1793–1798.
6. Gunes E. Turkey rose oil production and marketing: a review on problem and opportunities // J. Appl. Sci. – 2005. – 5, № 10. – P. 1871–1875.
7. Research and current profile of Iranian production of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) / M. Haghghi, A. Tehranifar, A. Nikbakht, M. Kafi // Acta Horticulturae. – 2008. – 769. – P. 449–455.
8. Shawl A.S. Rose oil in Kashmiri India // Perfumer and Flavorist. – 2009. – 34. – P. 2–5.
9. Караман М.М. Направления роста и эффективности производства эфиромасличной продукции Крыма // Экономика и управление. – 2005. – № 1. – С. 44–46.
10. Концепция развития эфиромасличной отрасли Автономной Республики Крым // Сборник нормативно-правовых актов Автономной Республики Крым. – 2008. – № 6. – С. 195, ст. 455.
11. Ulusoy S., Bosgelmez-Tinaz G., Secilmis-Canbay H. Tocopherol, carotene, phenolic contents and antibacterial properties of rose essential oil, hydrosol and absolute // Curr. Microbiol. – 2009. – 59. – P. 554–558.
12. Baser K.H.C., Arslan N. Oil Rose (*Rosa damascena*) // Medicinal and Aromatic Plants of the World. – Springer, 2014. – Vol. 2. Medicinal and Aromatic Plants of the Middle-East. – P. 281–304.

13. *Antioxidant* and antibacterial activities of *Rosa damascena* flower extracts / G. Özkan, O. Sagdic, N.G. Baydar, H. Baydar // *Food Sci. Technol. Int.* – 2004. – **10**. – P. 277–281.
14. *Comparative* evaluation of antimicrobial activity and composition of rose oils from various geographic origins, in particular Bulgarian rose oil / V. Gochev, K. Wlcek, G. Buchbauer et al. // *Nat. Prod. Commun.* – 2008. – **3**. – P. 1063–1068.
15. *Vandamme E.J.* Bioflavours and fragrances via fungi and their enzymes // *Fungal Diversity*. – 2003. – **13**. – P. 153–166.
16. *Longo M.A., Sanroman M.A.* Production of food aroma compounds: microbial and enzymatic methodologies // *Food Technol. Biotechnol.* – 2006. – **44**, № 3. – P. 335–353.
17. *Haeusler A., Muench T.* Microbial production of natural flavors // *ASM News*. – 1998. – **63**, № 10. – P. 551–559.
18. *Krings U., Berger R.G.* Biotechnological production of flavours and fragrances // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 1998. – **49**. – P. 1–8.
19. *Production* of flavours by microorganisms / L. Janssens, H.L. De Pooter, N.M. Schamp, E.J. Vandamme // *Process Biochem.* – 1992. – **27**. – P. 195–215.
20. *База даних* CBS Database of Fungal Names [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.indexfungorum.org>
21. *Biotechnological* production of bioflavors and functional sugars / J.L. Bicas, J.C. Silva, A.P. Dionisio, G.M. Pastore // *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*. – 2010. – **30**, № 1. – P. 7–18.
22. *Шпичка А.И., Семенова Е.Ф.* Сравнительная характеристика микроорганизмов, синтезирующих *de novo* летучие душистые вещества // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8. – С. 1113–1124.
23. *Semenova E.F., Shpichka A.I., Moiseeva I.Ya.* About explanation of elaboration of essential *Eremothecium* oil biotechnology // *Int. J. Experimental Education*. – 2012. – № 3. – P. 35–36.
24. *Semenova E.F., Shpichka A.I.* Some pharmbiotechnological characteristics of *Eremothecium*, producer of riboflavin and essential oil // *Int. J. Appl. Fundamental Res.* – 2012. – № 1. – P. 170–172.
25. *Шпичка А.И., Семенова Е.Ф.* Современное состояние и перспективы развития биотехнологии на основе эремотеция – продуцента рибофлавина и эфирного масла // *Успехи современного естествознания*. – 2013. – № 11. – С. 87–98.
26. *О биосинтезе* компонентов эфирного масла грибом *Eremothecium ashbyi* (структурно-функциональные особенности) / А.Н. Погорельская, П.С. Бугорский, Е.Ф. Семенова и др. // *Вестник Рос. академии с.-х. наук*. – 2003. – № 1. – С. 83–85.
27. *Мамеева О.Г., Нагорная С.С., Подгорский В.С.* Скрининг продуцентов 2-фенилэтанола среди дрожжей родов *Saccharomyces* и *Kluuyveromyces* // *Микология и фитопатология*. – 2008. – **42**, вып. 2. – С. 185–190.
28. *De novo* synthesis of monoterpenes by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts / F.M. Carrau, K. Medina, E. Boido et al. // *FEMS Microbiol. Lett.* – 2005. – **243**. – P. 107–115.
29. *Поліщук В.Ю., Маланюк М.І., Дуган О.М.* Морфолого-культуральні і біосинтетичні властивості *Eremothecium ashbyi* Guill. // *Наукові вісті НТУУ “КПІ”*. – 2011. – № 3. – С. 74–78.
30. *Поліщук В.Ю., Маланюк М.І., Дуган О.М.* Динаміка росту та накопичення рибофлавіну аскоміцетом *Eremothecium ashbyi* Guillier. // *Наукові вісті НТУУ “КПІ”*. – 2014. – № 3. – С. 73–77.
31. *Pujari V., Chandra T.S.* Statistical optimization of medium components for improved synthesis of riboflavin by *Eremothecium ashbyi* // *Bioprocess Eng.* – 2000. – **23**. – P. 303–307.
32. *Kalingan A.E., Chung-Min Liao.* Influence of type and concentration of flavinogenic factors on production of riboflavin by *Eremothecium ashbyi* NRRL 1363 // *Bioresource Technol.* – 2002. – **82**. – P. 219–224.

## References

1. L.K. Gurinovich and T.V. Puchkova, *Essential Oils: Chemistry, Technology, Analysis and Application*. Moscow, Russia: Shkola Kosmeticheskikh Himikov, 2005 (in Russian).
2. S.A. Voytkovich, *Essential Oils for Perfumes and Aromatherapy*. Moscow, Russia: Pishchevaja Promyshlennost, 1999 (in Russian).
3. I.I. Sidorov et al., *Technology of Natural Essential Oils and Synthetic Fragrances*. Moscow, USSR: Legkaja i Pishchevaja Promyshlennost, 1984 (in Russian).
4. A. Dobrev et al., “Chemical composition of different genotypes oil – bearing roses”, *Bulgarian J. Agricultural Sci.*, vol. 19, no. 6, pp. 1213–1218, 2013.
5. N. Kovacheva et al., “Industrial cultivation of oil bearing rose and rose oil production in Bulgaria during 21<sup>st</sup> century, directions and challenges”, *Biotechnol. Biotech. Eq.*, vol. 24, no. 2, pp. 1793–1798, 2010.
6. E. Gunes, “Turkey rose oil production and marketing: a review on problem and opportunities”, *J. Applied Sci.*, vol. 5, no. 10, pp. 1871–1875, 2005.
7. M. Haghighi et al., “Research and current profile of Iranian production of damask rose (*Rosa damascena* Mill.)”, *Acta Horticulturae*, vol. 769, pp. 449–455, 2008.

8. A.S. Shawl, "Rose oil in Kashmiri India", *Perfumer and Flavorist*, vol. 34, pp. 2–5, 2009.
9. M.M. Karaman, "The direction of growth and production efficiency of Crimean essential oil products", *Ekonomika i Upravlenie*, no. 1, pp. 44–46, 2005 (in Russian).
10. *The Concept of Essential Oil Industry of the Autonomous Republic of Crimea*, in *Sbornik Normativno-Pravovyh Aktov Avtonomnoy Respubliki Krym*, no. 6, p. 195, 2008 (in Russian).
11. S. Ulusoy *et al.*, "Tocopherol, carotene, phenolic contents and antibacterial properties of rose essential oil, hydrosol and absolute", *Curr. Microbiol.*, vol. 59, pp. 554–558, 2009.
12. K.H.C. Baser and N. Arslan, "Oil Rose (*Rosa damascena*)", in *Medicinal and Aromatic Plants of the World*, vol. 2, *Medicinal and Aromatic Plants of the Middle-East*. Springer, 2014, pp. 281–304.
13. G. Özkan *et al.*, "Antioxidant and antibacterial activities of *Rosa damascena* flower extracts", *Food Sci. Technol. Int.*, vol. 10, pp. 277–281, 2004.
14. V. Gochev *et al.*, "Comparative evaluation of antimicrobial activity and composition of rose oils from various geographic origins, in particular Bulgarian rose oil", *Nat. Prod. Commun.*, vol. 3, pp. 1063–1068, 2008.
15. E.J. Vandamme, "Bioflavours and fragrances via fungi and their enzymes", *Fungal Diversity*, vol. 13, pp. 153–166, 2003.
16. M.A. Longo and M.A. Sanroman, "Production of food aroma compounds: microbial and enzymatic methodologies", *Food Technol. Biotechnol.*, vol. 44, no. 3, pp. 335–353, 2006.
17. A. Haeusler and T. Muench, "Microbial production of natural flavors", *ASM News*, vol. 63, no.10, pp. 551–559, 1998.
18. U. Krings and R.G. Berger, "Biotechnological production of flavours and fragrances", *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 49, pp. 1–8, 1998.
19. L. Janssens *et al.*, "Production of flavours by microorganisms", *Process Biochem.*, vol. 27, pp. 195–215, 1992.
20. CBS Database of Fungal Names [Online]. Available: <http://www.indexfungorum.org>
21. J.L. Bicas *et al.*, "Biotechnological production of bioflavors and functional sugars", *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, vol. 30, no. 1, pp. 7–18, 2010.
22. A.I. Shpichka and E.F. Semenova, "Comparative characteristic of microorganisms that synthesize volatile fragrant substances de novo", *Fundamental'nye Issledovaniya*, no. 8, pp. 1113–1124, 2013 (in Russian).
23. E.F. Semenova *et al.*, "About explanation of elaboration of essential *Eremothecium* oil biotechnology", *Int. J. Experimental Education*, no. 3, pp. 35–36, 2012.
24. E.F. Semenova *et al.*, "Some pharmbiotechnological characteristics of *Eremothecium*, producer of riboflavin and essential oil", *Int. J. Appl. Fundamental Res.*, no. 1, pp. 170–172, 2012.
25. A.I. Shpichka and E.F. Semenova, "The current state and prospects of biotechnology based on *Eremothecium* – riboflavin and essential oils produce", *Uspehi Sovremennogo Estestvoznaniya*, no. 11, pp. 87–98, 2013 (in Russian).
26. A.N. Pogorelskaja *et al.*, "About the biosynthesis of essential oil components fungus *Eremothecium ashbyi* (structural and functional features)", *Vestnik Rossiyskoy Akademii Sel's'ko-Hozjajstvennyh Nauk*, no. 1, pp. 83–85, 2003 (in Russian).
27. O.G. Mameeva *et al.*, "Screening of 2-phenylethanol producers among yeasts from the genera *Saccharomyces* and *Kluyveromyces*", *Mikologiya i Fitopatologiya*, vol. 42, no. 2, pp. 185–190, 2008 (in Russian).
28. F.M. Carrau *et al.*, "De novo synthesis of monoterpenes by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts", *FEMS Microbiol. Lett.*, vol. 243, pp. 107–115, 2005.
29. V.Yu. Polishchuk *et al.*, "Morphological and cultural and biosynthetic properties of *Eremothecium ashbyi* Guill.", *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 3, pp. 74–78, 2011 (in Ukrainian).
30. V.Yu. Polishchuk *et al.*, "The growth rates and the accumulation dynamics of riboflavin of ray fungus *Eremothecium ashbyi* Guillier.", *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 3, pp. 73–77, 2014 (in Ukrainian).
31. V. Pujari and T.S. Chandra, "Statistical optimization of medium components for improved synthesis of riboflavin by *Eremothecium ashbyi*", *Bioproc. Biosyst. Eng.*, vol. 23, no. 3, pp. 303–307, 2000.
32. A.E. Kalingan and Chung-Min Liao, "Influence of type and concentration of flavinogenic factors on production of riboflavin by *Eremothecium ashbyi* NRRL 1363", *Bioresource Technol.*, vol. 82, pp. 219–224, 2002.

В.Ю. Поліщук, О.М. Дуган

#### СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ З АРОМАТОМ ТРОЯНДИ

**Проблематика.** Ефірна олія троянди є однією з найцінніших ефірних олій, вона користується великим попитом та широко застосовується у парфумерно-косметичній, харчовій і фармацевтичній галузях. Проте традиційні методи її виробництва мають певні недоліки, тому актуальними стають біотехнологічні методи отримання ефірної олії з ароматом троянди.

**Мета дослідження.** Аналіз сучасних літературних джерел щодо можливості отримання ефірної олії з ароматом троянди традиційними та біотехнологічними способами, пошук найбільш перспективних мікроорганізмів для подальших досліджень.

**Методика реалізації.** У роботі здійснено моніторинг й аналіз вітчизняних та зарубіжних літературних джерел.



**Результати дослідження.** Розглянуто традиційні методи отримання трояндової ефірної олії, її властивості та застосування. Виявлено роди мікроорганізмів, здатних синтезувати запашні з'єднання, що входять до складу ефірної олії троянди. Представники роду *Eremothecium* належать до перспективних продуцентів, що синтезують як рибофлавін, так і компоненти трояндової ефірної олії ( $\beta$ -фенілетанол, гераніол, цитронелол і нерол).

**Висновки.** Економічна доцільність виробництва на основі *Eremothecium* може бути збільшена за рахунок комплексного отримання рибофлавіну та ефірної олії для задоволення потреб у них медичної, фармацевтичної, парфумерно-косметичної та харчової промисловості.

**Ключові слова:** ефірна олія троянди; гриби; синтез *de novo*; продуцент; *Eremothecium*.

В.Ю. Полищук, А.М. Дуган

#### СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФИРНОГО МАСЛА С АРОМАТОМ РОЗЫ

**Проблематика.** Эфирное масло розы является одним из самых ценных эфирных масел, оно пользуется большим спросом и широко применяется в парфюмерно-косметической, пищевой и фармацевтической отраслях. Однако традиционные методы его производства имеют определенные недостатки, поэтому актуальными становятся биотехнологические методы получения эфирного масла с ароматом розы.

**Цель исследования.** Анализ современных литературных источников о возможности получения эфирного масла с ароматом розы традиционными и биотехнологическими способами, поиск наиболее перспективных микроорганизмов для дальнейших исследований.

**Методика реализации.** В работе осуществлены мониторинг и анализ отечественных и зарубежных литературных источников.

**Результаты исследования.** Рассмотрены традиционные методы получения розового эфирного масла, его свойства и применение. Обнаружены рода микроорганизмов, способные синтезировать душистые соединения, входящие в состав эфирного масла розы. Представители рода *Eremothecium* относятся к перспективным продуцентам, которые синтезируют как рибофлавін, так и компоненты розового эфирного масла ( $\beta$ -фенилэтанол, гераниол, цитронеллол и нерол).

**Выводы.** Экономическая целесообразность производства на основе *Eremothecium* может быть увеличена за счет комплексного получения рибофлавіна и эфирного масла для удовлетворения потребностей в них медицинской, фармацевтической, парфюмерно-косметической и пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** эфирное масло розы; грибы; синтез *de novo*; продуцент; *Eremothecium*.

Рекомендована Радою  
факультету біотехнології і біотехніки  
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції  
25 грудня 2015 року