

реальная альтернатива старым подходам, характеризуется надежной работой в современных браузерах и может быть использована для отображения 3D в Web;

– областью эффективного использования Canvas является растровая графика;

– SVG целесообразно использовать при работе с масштабируемой векторной графикой;

– CSS3 рационально применять для реализации интерфейса и плавного взаимодействия элементов управления.

#### Література

1. Лоусон, Б. Изучаем HTML 5. Библиотека специалиста [Текст] / Б. Лоусон, Р. Шарп. – Спб.: Питер, 2011. – 253 с.

2. Лабберс, П. HTML 5 для профессионалов: мощные инструменты для разработки современных веб-приложений [Текст] / П. Лабберс, Б. Олберс. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011 – 272 с.

3. Макфарланд, Д. Большая книга CSS3. 3-е издание [Текст] / Д. Макфарланд. – Спб.: Питер, 2014 – 608 с.

4. Дэйли, Д. Разработка веб-приложений с помощью SVG [Текст] / Д. Дэйли, Д. Фрост. – Нью-Йорк:

Майкрософт, 2012 – 294 с.

5. Введение в WebGL с помощью Three.js [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://davidscottlyons.com/threejs/presentations/frontporch14/>

6. Фрайн, Б. HTML5 и CSS3 Разработка сайтов для любых браузеров и устройств [Текст] / Б. Фрайн. – Спб.: Питер, 2014. – 304 с.

#### References

1. Loyson, B., Sharp, R. (2011). Study HTML 5. Specialist Library. St. Petersburg, RU: Peter, 253.

2. Labbers, P., Olbers, B. (2011). HTML 5 for professionals: a powerful tool for the development of modern web applications. Moscow, RU: LCD «I. Williams», 272.

3. Macfarland, D. (2014). The Big Book CSS3, 3. St. Petersburg, RU: Peter, 608.

4. Dailey D., Frost, J. (2012). Building Web Applications with SVG, 1. New York, EN: Microsoft, 294.

5. Introduction into WebGL with Three.j. Available at: <http://davidscottlyons.com/threejs/presentations/frontporch14/>

6. Frain, B. (2014). Responsive Web Design with HTML5 and CSS3. St. Petersburg, RU: Peter, 304.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Сінотин А. М.  
Дата надходження рукопису 18.11.2014*

**Трофименко Анастасія Сергеевна**, кафедра медиасистем и технологий, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 16, г. Харьков, Украина, 61166

E-mail: [nastya.trofimenko@gmail.com](mailto:nastya.trofimenko@gmail.com)

**Егорова Ирина Николаевна**, кандидат технических наук, профессор, кафедра медиасистем и технологий, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 16, г. Харьков, Украина, 61166

E-mail: [tvicg@kture.kharkov.ua](mailto:tvicg@kture.kharkov.ua)

УДК 665.53

DOI: 10.15587/2313-8416.2014.31499

## ФРАКЦІОНУВАННЯ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ DRACOCEPHALUM MOLDAVICA L. І ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ ФРАКЦІЙ У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

© Н. Е. Фролова, О. М. Усатюк, М. В. Карпутіна

*У статті представлено результати дослідження режимів фракціонування ефірної олії *Dracocephalum moldavica* L., з якої отримано чотири фракції різного аромату. За характеристиками кожна фракція є самостійним натуральним ароматизатором для різних галузей харчової промисловості. Розроблено рецептуру ароматизованого спреда, в якій як натуральний ароматизатор використано другу фракцію розгонки. Комбінування фракцій у композиції дозволяє значно розширити асортимент натуральних ароматизаторів та ароматизованих харчових продуктів*

**Ключові слова:** ефірна олія, змієголовник молдавський, фракціонування, фракції, натуральний ароматизатор, ароматизація.

*The paper presents the research results of the modes of essential oil fractionation of *Dracocephalum moldavica* L., from which the four fractions of different flavour have been obtained. According to their characteristics each fraction is an independent natural flavour for different sectors of the food industry. The recipe of flavoured spread with using the second distillation fraction as a natural flavour has been developed. Combining fractions in the composition can significantly extend the range of natural flavours and flavored foods*

**Keywords:** essential oil, *Dracocephalum moldavica* L., fractionation, fractions, natural flavour, flavouring

### 1. Вступ

Обсяг виробництва ефірних олій у світі сягає 30 тис. т. на рік. Україна щорічно виробляє від 100 до 120 тонн ефірних олій на суму від 60 до 70 млн. грн. [1]. Однак, більша частина ефірних олій вітчизняного виробництва експортуються і в значно меншій

кількості використовується всередині країни. Частіше інших закуповують вітчизняні ефірні олії країни Євросоюзу. Це, в першу чергу, Франція, Англія, Голландія та Німеччина [2].

Ефірні олії використовують у парфумерно-косметичній, фармакологічній галузях, а також в

ароматерапії. У харчових технологіях, навіть за значного попиту на натуральні ароматичні речовини, використовують ефірні олії не широко [3]. Оскільки, характеристики ефірних олій не стабільні та цілком залежать від місця й кліматичних умов вирощування ефіроносу, часу заготівлі, зберігання та технологічних особливостей перероблення. Терпенові вуглеводні ефірних олій чутливі до окиснення, особливо на сонячному світлі. Звісно, така мінливість ароматичності ефірних олій вимагає виробників знаходити альтернативні варіанти ароматизації продукції. Для розширення відтінків аромату природних джерел використовують ефірні олії з нетрадиційної, малопоширеної сировини [4, 5]. Але, на жаль, нові олії часто не знаходять широкого застосування в традиційних рецептурах харчових продуктів через незвичну, або неприємну «тональність» аромату.

## 2. Постановка проблеми

Харчова промисловість потребує пошуку нових, альтернативних джерел ароматизації природного походження для продуктів та напоїв, а також способів їхнього перероблення.

Метою наукових досліджень було встановлення параметрів вакуумного фракціонування ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. для отримання фракцій різного аромату і використання їх для ароматизації харчових продуктів.

Для реалізації поставлено мети необхідно було вирішити такі завдання:

- проаналізувати якісний та кількісний склад ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L.;
- встановити режими фракціонування ефірної олії дослідити органолептичні властивості отриманих фракцій, а також їхній якісний та кількісний склад;
- запропонувати використання продуктів перероблення ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. в оліє-жировій галузі харчової промисловості.

## 3. Аналіз літературних джерел

Нами було взято до уваги досвід медицини, парфумерно-косметичної промисловості щодо фракціонування складних сумішей, зокрема природного походження, задля цілеспрямованого виділення одного або декількох компонентів як похідних цінних біологічно активних складових ліків або профілактичних засобів [6, 7]. Даних щодо фракціонування ефірних олій у засобах наукової інформації значно менше. Відомі методи фракціонування олій з використанням селективних розчинників [8, 9], недоліком яких є небезпека забруднення кінцевого продукту залишковою кількістю розчинника. Багато наукових праць присвячено вивченню фракціонування ефірних олій надкритичними рідинами. Найбільш повні огляди результатів таких досліджень представлено у статтях [10–12]. Дехто з науковців досліджував фракціонування природних ефірних олій для виділення індивідуальних сполук чи їхніх сумішей, що представляють науковий та комерційний інтерес [13, 14]. Для підвищення стійкості цитрусових ефірних олій під час зберігання проводять вибіркоче фракціонування (детерпені-

зацію), використовуючи суміш етанолу і води як розчинника для екстракції рідина-рідина [15], вакуумну дистиляцію [16], надкритичну CO<sub>2</sub>-екстракцію [17].

У цій сфері цікаві дослідження фракціонування ялицевої олії, за якими отримували окремі фракції з цільовим призначенням – ароматизатори і сировина для отримання оптично активних борнеолу і камфори [18].

## 4. Матеріали і методи досліджень

Об'єктом досліджень було обрано ефірну олію *Dracoscephalum moldavica* L. (змієголовник молдавський) з приємним ароматом лимону, яку вирощують у степової зони півдня України на території Херсонської області. Ефірну олію отримують з сухих цілих рослин паровою дистиляцією. Вміст ефірної олії – до 0,28 %.

Ефірну олію *Dracoscephalum moldavica* L. використовують як сировину для косметичної продукції. Даних щодо її використання у харчових технологіях небагато: листя і суцвіття – для ароматизації чаю, різних напоїв, як приправи до салатів, рибних і м'ясних страв.

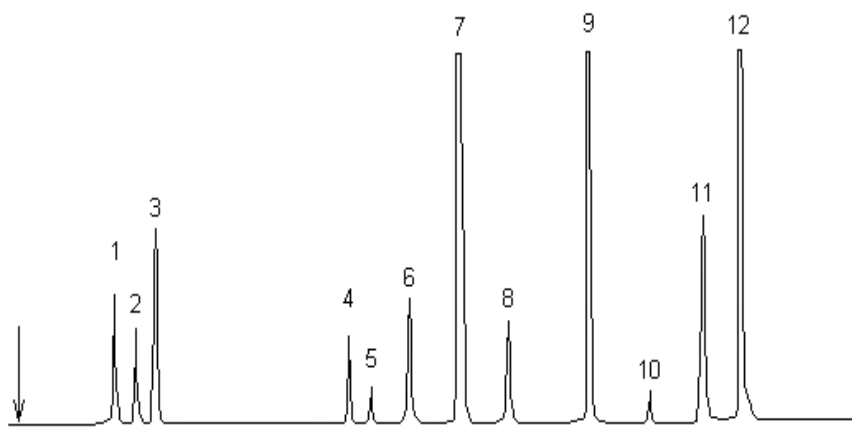
Компонентний склад ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. досліджувався на газовому хроматографі «ХРОМ 4». Застосовували 30 м кварцеву колонку НР-5 (полімер 5 % дифеніл – 95 % диметилсилоксан) з внутрішнім діаметром 0,25 мм і товщиною плівки нерухомої фази 0,25 мм. Газ-носії – гелій з постійною швидкістю 1 мл/хв. У хроматограф вводили 1 мкл 1...2 %-ного спиртового розчину ефірної олії з розділенням потоку 20 : 1. Температура інжектора-випарювача – 280 °С. Програмування температури колонки: 50 °С (2 хв), 50...200 °С (4 °С/хв), 200...280 °С (20 °С/хв), 280 °С (5 хв).

Ідентифікацію компонентів зразків проводили за індексами Ковача. Для цього використовували модельну суміш n-алканів (октан, нонан, декан, ундекан, додекан, тридекан, тетрадекан, пентадекан) у рівних масових співвідношеннях. Модельна суміш з інтервалом кипіння (Ткип) від 125,7 до 252,5 °С повністю покриває інтервал Ткип ефірної олії.

## 5. Фракціонування ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. та можливості використання отриманих фракцій для ароматизації харчових продуктів

Наукові літературні джерела містять значні розбіжності щодо компонентного складу ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. і, навіть, щодо вмісту ключових компонентів, а саме цитралу і гераніолу. Вміст цих ароматичних компонентів варіює в широких інтервалах [19]: для цитрала – від 8 до 40 %, гераніолу – від 15 до 28 %. Встановлено, що в умовах Херсонської області *Dracoscephalum moldavica* L. містить ефірну олію в кількості: надземна частина – до 0,9 %, суцвіття – від 0,15 до 1,2 %. Отримано характеристичну хроматограму ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. (рис. 1).

Проаналізовано якісний та кількісний склад ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. (табл. 1).

Рис. 1. Хроматограма ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L.

Таблиця 1

Хімічний склад ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L.

№ на хроматограмі	Назва компоненту	Вміст, %	№ на хроматограмі	Назва компоненту	Вміст, %
1	$\alpha$ -пінен	1,86	7	цитраль	38,93
2	камфен	0,73	8	цитронеллол	1,92
3	мірцен	4,65	9	гераніол	20,46
4	d-лімонен	0,98	10	тимол	0,18
5	цинеол	0,32	11	нерол	5,85
6	l-ліналоол	2,42	12	сексвітерпен	21,71

Отримані дані дозволили з'ясувати основні ароматичні групи компонентів, входження яких до складу фракцій забезпечуватиме їхні різні й злагоджені ароматичні відтінки, зокрема:

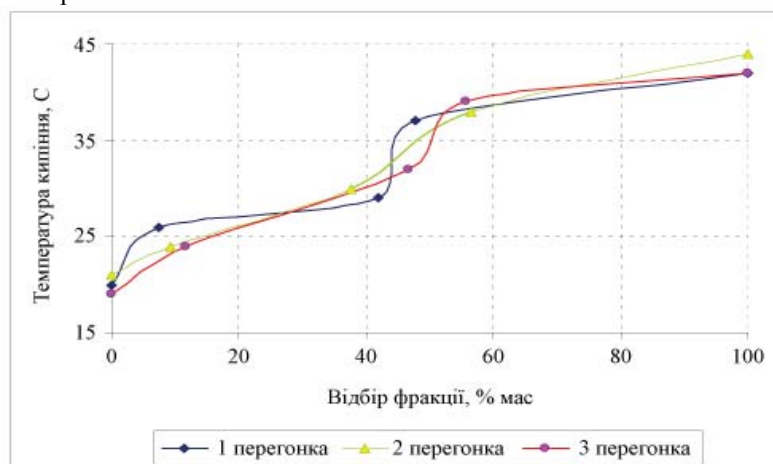
- трав'яний аромат з фруктовим тоном забезпечуватиме  $\alpha$ -пінен, камфен, мірцен, d-лімонен, цинеол;
- насичений citrusовий аромат з мускатним відтінком створюватиме комбінація компонентів l-ліналоолу і цитралю;
- ніжний квітковий аромат – гераніол і цитронеллол,
- пряний з терпкістю – тимол, нерол і сексвітерпен.

Основним параметром фракціонування є температура кипіння. На рис. 2 представлено графіки залежності температури кипіння від кількості відбору фракцій за залишкового тиску, тобто криві фракційних перегонів ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L.

Різні форми кривих свідчать про багатоваріантність фракційної перегонки, навіть за незначних змін температурних режимів, а відповідно і різність хімічного складу фракцій.

Теоретичні розрахунки параметрів розгонки ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. (залишковий тиск, число теоретичних тарілок, флегмове число) здійснювали методом ключових компонентів на основі даних кількісного складу олії. Докладно про послідовність теоретичних розрахунків фракційної розгонки ефірних олій у роботі [20].

Теоретично розраховані параметри фракціонування ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. уточнювалися робочими розгонками, які дозволили встановити режими відбору фракцій запланованих ароматичних характеристик (табл. 2).

Рис. 2. Криві фракційної перегонки ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L.

Таблиця 2

Режими фракціонування ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L.

Етапи фракціонування	Температура, °С		Тиск, кПа	Флегмове число
	кубу	дефлегматора		
Прогрівання колонки	50,0 ... 85,0	18...20	2,64	∞
Фракція перша	85,0...112,0	20...29	1,5	1:7
Фракція друга	112,0...118,0	29...37	0,5	1:10
Фракція третя	120,0...130,0	23...30	0,5	1:5
Кубовий залишок	–	–	–	–

Розгонка ефірної олії та отримання дослідних зразків фракцій здійснювалася на установці фракційної перегонки (УФП) з високоефективною

вакуумною теплоізоляцією для забезпечення адіабатичного режиму проведення процесу. Результати фракціонування представлено у табл. 3.

Таблиця 3

Результати фракціонування ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L.

Фракція	Час відбору, хв	%мас фракції	Напрям аромату
1	8,3...13,4	4,5	Хвойно-смолистий з фруктовим тоном
2	15,4...25,0	39,2	Насичений цитрусовий
3	27,7...36,2	19,7	Квітковий тон
4	38,0...42,5	32,7	Пряний з терпкістю
Втрати	–	3,9	

Фракції, отримані під час розгонки, аналізувалися газохроматографічним методом.

Хімічний склад фракцій ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. представлено у табл. 4.

Таблиця 4

Хімічний склад фракцій ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L.

Назва компоненту	Фракція 1	Фракція 2	Фракція 3	Фракція 4
$\alpha$ -пінен	21,7	–	–	–
камфен	8,4	–	–	–
мірцен	57,2	–	–	–
d-лімонен	9,3	–	–	–
цинеол	2,8	–	–	–
ліналоол	–	16,6	–	–
цитраль	–	58,9	–	–
цитронеллол	–	24,4	–	–
гераніол	–	–	96,7	–
тимол	–	–	3,3	–
нерол	–	–	–	21,4
секвітерпен	–	–	–	78,6

З даних таблиці видно, що в фракції 1 ключовими компонентами є мірцен і  $\alpha$ -пінен, які формують її хвойно-смолистий аромат. Фракція 2 містить ключовий компонент цитраль, який забезпечує насичений цитрусовий аромат. Наявність у складі фракції цитронеллолу та ліналоолу додає ніжний квітковий тон. Фракція 3 складається, в основному, з гераніолу (96,7 %) із запахом троянди. Наявність у складі фракції тимолу створює аромат, що нагадує прив'язлі пелюстки троянди. Фракція 4 збагачена секвітерпеном і неролом, що створюють густий, характерний пряний аромат.

Кожна фракція за гармонійністю і силою аромату відповідає вимогам до концентрованих натуральних ароматизаторів з широкими можливостями використання в харчових та інших технологіях.

Обговорюючи напрями використання отриманих фракцій, було вирішено фракцію 2 використати в технології спрейдів. Ароматизатор названо «Цитрусова гармонія». Експериментально підібрано оптимальну кількість ароматизаторів для внесення у рецептуру спрейдів (табл. 5). Ароматизатор «Цитрусова гармонія» передбачається вносити на стадії нормалізації суміші в кількості 0,193 кг на тону продукції. Заздалегідь ароматизатор розчиняють в 3...5-кратному об'ємі жирової емульсії за температури 45...55 °С і перемішують 15...20 хв.

Профілограма (рис. 3) свідчить про зміну аромату базового і ароматизованого спреду. Запах концентрованого жиру у новому продукті повністю відсутній, підвищився бал свіжого запаху, зросла оцінка гармонійного і стійкого аромату лимонних тонів.

Таблиця 5

## Рецептура спреду ароматизованого

Складові рецептури	Кількість, кг
Масло солодковершкове несолене (м.ч.ж. – 72,5 %, м.ч.в. – 25,5 %, СЗМЗ – 2 %)	861,7
Немолочний жир	95,8
Молоко сухе знежирене (м.ч.ж. – 1,5 %, СЗМЗ–97,0 %)	2,76
Емульгатор (м.ч.ж. – 95,0 %)	1,25
Харчові волокна	3
Ароматизатор «Цитрусова гармонія»	0,0193
Барвник	0,281
Вода	35,19
Всього закладка	1000

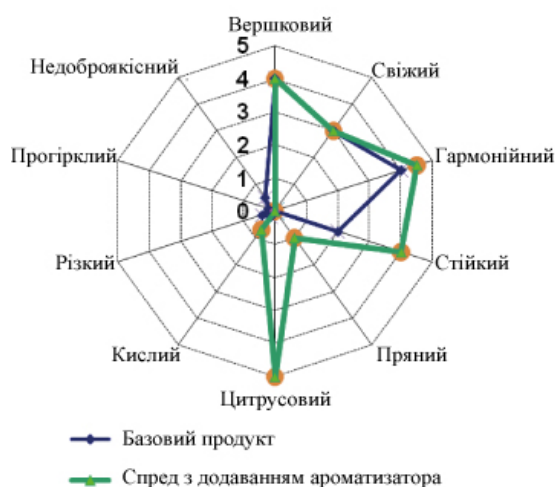


Рис. 3. Профілограма аромату спреду ароматизованого

Отже, внесенням натурального ароматизатора «Цитрусова гармонія (Фракція 2 ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L.) сприятиме розширенню асортименту і поліпшенню органолептичних властивостей жировмісного продукту (табл. 6).

Таблиця 6

## Якісні характеристики ароматизованого спреду

Смак	Смак молочного жиру з присмаком лимону
Запах	Запах молочного жиру з цитрусовими тонами
Консистенція	Щільна, твердоподібна, гомогенна
Колір	Світло-жовтий, однорідний за всією масою, характерний для масла

Комбінування фракцій між собою дозволить отримати нові ароматизатори з смако-ароматичним профілем, не характерним для вихідної сировини. Використання натуральних ароматизаторів на основі продуктів перероблення ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. сприятиме розширенню асортименту ароматизованих харчових продуктів.

## 6. Висновки

Визначено параметри фракціонування ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. з отриманням фракцій різного аромату. Запропоновано рецептуру жировмісного продукту – ароматизованого спреду, в якій як натуральний ароматизатор використано фракцію 2 ефірної олії *Dracoscephalum moldavica* L. Комбінуванням фракцій, отриманих з однієї або декількох ефірних олій, можна розширити асортимент натуральних ароматизаторів для різних галузей харчової промисловості.

## Література

1. Касьяненко, М. К. Відроджуючи індустрію ароматів [Електронний ресурс] / М. К. Касьяненко. – День, 2009. – Режим доступу: <http://www.day.kiev.ua/uk/article-ekonomika/vidrodzhuyuchi-industriyu-aromativ>
2. Вітчизняний експорт: завдання, проблеми, перспективи [Електронний ресурс] // Урядовий кур'єр. – 2013. – № 5 (12). – Режим доступу: <http://ukurier.gov.ua/uk/articles/vitchiznyanj-eksport-zavdannya-problemi-perspekti/>
3. Гуринович, Л. Эфирные масла: химия, технология, анализ, применение [Текст] / Л. Гуринович, Т. Пучкова. – М.: Школа косметических химиков, 2005. – 190 с.
4. Юрчак, Л. Д. Екологічна роль біорізноманіття в культурних фітоценозах [Текст] / Л. Д. Юрчак та ін. // Агроекологічний журнал. – 2009. – № 1. – С. 46–52.
5. Macfie, H. J. H. Consumer research in the early stages of new product development: a critical review of methods and techniques [Text] / H. J. H. Macfie, H. I. Meiselman // Food Quality and Preference. – 2005. – Vol. 16, Issue 3. – P. 181–201. doi: [10.1016/j.foodqual.2004.05.012](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2004.05.012)
6. Rubiolo, P. Analysis of the plant volatile fraction. Part 3 [Text] / P. Rubiolo, E. Liberto, C. Cordero, C. Bicchi. – The Chemistry and Biology of Volatiles. – 2010. – P. 49–93. doi: [10.1002/9780470669532.ch3](https://doi.org/10.1002/9780470669532.ch3)
7. Кричковская, Л. В. Биологические активные масла и продукты на их основе (эфирные масла, каротиноиды и др.): биология, биохимия: применение, методы определения [Текст] / Л. В. Кричковская, С. И. Чернышов, Г. В. Донченко и др. – Х.: Модель Вселенной, 2008. – 266 с.
8. Arce, A. Essential oil terpenless by extraction using organic solvents or ionic liquids [Text] / A. Arce, A. Marchiaro, O. Rodríguez, A. Soto // AIChE journal. – 2006. – Vol. 52, Issue 6. – P. 2089–2097. doi: [10.1002/aic.10844](https://doi.org/10.1002/aic.10844)
9. Lago, S. Improved concentration of citrus essential oil by solvent extraction with acetate ionic liquids [Text] / S. Lago, H. Rodríguez, A. Arce, A. Soto // Fluid Phase Equilibria. – 2014. – Vol. 361. – P. 37–44. doi: [10.1016/j.fluid.2013.10.036](https://doi.org/10.1016/j.fluid.2013.10.036)
10. Arce, A. Citrus Essential Oil Deterpenation by Liquid-liquid Extraction [Text] / A. Arce, A. Marchiaro, J. M. Martínez-Ageitos, A. Soto // The Canadian Journal of Chemical Engineering. – 2005. – Vol. 83, Issue 2. – P. 366–370. doi: [10.1002/cjce.5450830226](https://doi.org/10.1002/cjce.5450830226)
11. Brunner, G. Supercritical fluids: technology and application to food processing [Text] / G. Brunner // Journal of Food Engineering. – 2005. – Vol. 67, Issue 1-2. – P. 21–33. doi: [10.1016/j.jfoodeng.2004.05.060](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.060)
12. García-Risco, M. R. Fractionation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) by supercritical fluid extraction and chromatography [Text] / M. R. García-Risco, G. Vicente, G. Reglero, T. Fornari // Journal of Supercritical Fluids. – 2011. – Vol. 55, Issue 3. – P. 949–954. doi: [10.1016/j.supflu.2010.10.008](https://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.10.008)
13. Beneti, S. C. Fractionation of citronella (*Cymbopogon winterianus*) essential oil and concentrated

orange oil phase by batch vacuum distillation [Text] / S. C. Beneti, E. Rosset, M. L. Corazza, C. D. Frizzo, M. Di Luccio, J. V. Oliveira // Journal of Food Engineering. – 2011. – Vol. 102, Issue 4. – P. 348–354. doi: [10.1016/j.jfoodeng.2010.09.011](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.09.011)

14. Fang, T. Combination of supercritical CO<sub>2</sub> and vacuum distillation for the fractionation of bergamot oil [Text] / T. Fang, M. Goto, M. Sasaki, T. Hirose // Journal of agricultural and food chemistry. – 2004. – Vol. 52, Issue 16. – P. 5162–5167. doi: [10.1021/jf049895f](https://doi.org/10.1021/jf049895f)

15. Gonçalves, D. Deterpenation of eucalyptus essential oil by liquid+ liquid extraction: Phase equilibrium and physical properties for model systems [Text] / D. Gonçalves, C. C. Koshima, K. T. Nakamoto, T. K. Umeda, K. K. Aracava, C. B. Gonçalves, C. E. da C. Rodrigues // The Journal of Chemical Thermodynamics. – 2014. – Vol. 69. – P. 66–72. doi: [10.1016/j.jct.2013.09.044](https://doi.org/10.1016/j.jct.2013.09.044)

16. Stuart, G. R. Deterpenation of Brazilian orange peel oil by vacuum distillation [Text] / G. R. Stuart, D. Lopes, J. V. Oliveira // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2001. – Vol. 78, Issue 10. – P. 1041–1044. doi: [10.1007/s11746-001-0385-x](https://doi.org/10.1007/s11746-001-0385-x)

17. Gironi, F. Continuous countercurrent deterpenation of lemon essential oil by means of supercritical carbon dioxide: Experimental data and process modelling [Text] / F. Gironi, M. Maschietti // Chemical Engineering Science. – 2008. – Vol. 63, Issue 3. – P. 651–661. doi: [10.1016/j.ces.2007.10.008](https://doi.org/10.1016/j.ces.2007.10.008)

18. Козлова, Л. П. Фракционирование и химический состав легколетучих соединений эфирного экстракта древесной зелени пихты [Текст] / Л. П. Козлова и др. // Химия растительного сырья. – 2005. – Т. 1. – С. 19–24.

19. Никитина, А. С. Разработка и научное обоснование комплексного использования растительного сырья иссопа лекарственного и змееголовника молдавского [Текст] / А. С. Никитина и др. // Современные проблемы науки и образования: электрон. журнал. – 2011. – № 2. – С. 1–4.

20. Українець, А. І. Теоретичне обґрунтування параметрів фракційної розгонки ефірних олій [Текст] / А. І. Українець, Н. Е. Фролова // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 2 (7). – С. 54–58.

## References

1. Kasyanenko, M. K. (2009). Vidrodzhuyuchy industriyu aromativ. Den`. Available at: <http://www.day.kiev.ua/uk/article/ekonomika/vidrodzhuyuchy-industriyu-aromativ>

2. Vitchyznyanjy eksport: zavdannya, problemy, perspektyvy (2013). Uryadovyy kuryer, 5 (12). Available at: <http://ukurier.gov.ua/uk/articles/vitchiznyanjy-eksport-zavdannya-problemi-perspekti/>

3. Gurinovich, L., Puchkova, T. (2005). Jefirnye masla: himija, tehnologija, analiz, primenenie. Moscow: Shkola kosmeticheskikh himikov, 190.

4. Yurchak, L. D., Zaimenko, N. V., Moroz, P. A., Raxmetov, D. B., Korabl'ova, O. A., Yunosheva, O. P., Gnatyuk, N. O. (2009). Ekologichna rol bioriznomanittya v kulturnyx fitocenozax. Agroekologichny' m zhurnal, 1, 46–52.

5. Macfie, H. J. H., Meiselman, H. I. (2005). Consumer research in the early stages of new product development: a critical review of methods and techniques. Food Quality and Preference, 16, 181–201. doi: [10.1016/j.foodqual.2004.05.012](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2004.05.012)

6. Sgorbini, B., Liberto, E., Cordero, C., Bicchi, C. (2010). Analysis of the plant volatile fraction. Part 3. The

Chemistry and Biology of Volatiles, 49–93. doi: [10.1002/9780470669532.ch3](https://doi.org/10.1002/9780470669532.ch3)

7. Krichkovskaya, L. V., Chernyshov, S. I., Donchenko, G. V. (2008). Biologicheskie aktivnye masla i produkty na ih osnove (efirnye masla, karotinoidy i dr.): biologiya, biokhimiya: primenenie, metody opredeleniya. Harkov: Model Vselenny, 266.

8. Arce, A., Marchiaro, A., Rodríguez, O., Soto, A. (2006). Essential oil terpenless by extraction using organic solvents or ionic liquids. AIChE journal, 52 (6), 2089–2097. doi: [10.1002/aic.10844](https://doi.org/10.1002/aic.10844)

9. Lago, S., Rodríguez, H., Arce, A., Soto, A. (2014). Improved concentration of citrus essential oil by solvent extraction with acetate ionic liquids. Fluid Phase Equilibria, 361, 37–44. doi: [10.1016/j.fluid.2013.10.036](https://doi.org/10.1016/j.fluid.2013.10.036)

10. Arce, A., Marchiaro, A., Martínez-Ageitos, J. M., Soto, A. (2005). Citrus Essential Oil Deterpenation by Liquid-liquid Extraction. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 83 (2), 366–370. doi: [10.1002/cjce.5450830226](https://doi.org/10.1002/cjce.5450830226)

11. Brunner, G. (2005). Supercritical fluids: technology and application to food processing. Journal of Food Engineering, 67 (1-2), 21–33. doi: [10.1016/j.jfoodeng.2004.05.060](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.060)

12. Garcia-Risco, M. R., Vicente, G., Reglero, G., Fornari, T. (2011). Fractionation of thyme (Thymus vulgaris L.) by supercritical fluid extraction and chromatography. Journal of Supercritical Fluids, 55 (3), 949–954. doi: [10.1016/j.supflu.2010.10.008](https://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.10.008)

13. Beneti, S. C., Rosset, E., Corazza, M. L., Frizzo, C. D., Di Luccio, M., Oliveira, J. V. (2011). Fractionation of citronella (Cymbopogon winterianus) essential oil and concentrated orange oil phase by batch vacuum distillation. Journal of Food Engineering, 102 (4), 348–354. doi: [10.1016/j.jfoodeng.2010.09.011](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.09.011)

14. Fang, T., Goto, M., Sasaki, M., Hirose, T. (2004). Combination of supercritical CO<sub>2</sub> and vacuum distillation for the fractionation of bergamot oil. Journal of agricultural and food chemistry, 52 (16), 5162–5167. doi: [10.1021/jf049895f](https://doi.org/10.1021/jf049895f)

15. Gonçalves, D., Koshima, C. C., Nakamoto, K. T., Umeda, T. K., Aracava, K. K., Gonçalves, C. B., Rodrigues, C. E. da C. (2014). Deterpenation of eucalyptus essential oil by liquid+ liquid extraction: Phase equilibrium and physical properties for model systems. The Journal of Chemical Thermodynamics, 69, 66–72. doi: [10.1016/j.jct.2013.09.044](https://doi.org/10.1016/j.jct.2013.09.044)

16. Stuart, G. R., Lopes, D., Oliveira, J. V. (2001). Deterpenation of Brazilian orange peel oil by vacuum distillation. Journal of the American Oil Chemists' Society, 78 (10), 1041–1044. doi: [10.1007/s11746-001-0385-x](https://doi.org/10.1007/s11746-001-0385-x)

17. Gironi, F., Maschietti, M. (2008). Continuous countercurrent deterpenation of lemon essential oil by means of supercritical carbon dioxide: Experimental data and process modelling. Chemical Engineering Science, 63 (3), P. 651–661. doi: [10.1016/j.ces.2007.10.008](https://doi.org/10.1016/j.ces.2007.10.008)

18. Kozlova, L. P. (2005). Frakcionirovanie i himicheskiy sostav legkoletuchih soedineniy efirnogo ekstrakta drevesnoy zeleni pihty. Himiya rastitelnogo syrja, 1, 19–24.

19. Nikitina, A. S. (2011). Razrabotka i nauchnoe obosnovanie kompleksnogo ispolzovaniya rastitelnogo syrja issopa lekarstvennogo i zmeegolovnika moldavskogo. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya: elektron. Zhurnal, 2, 1–4.

20. Ukrajiniec, A. I., Frolova, N. E. (2009). Teoretychne obgruntuvannja parametriv frakcijnoji rozghonky efirnykh olij. Kharchova nauka i tekhnologhija, №2 (7), 54–58.

Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Манк В. В.  
Дата надходження рукопису 24.11.2014

**Фролова Наталія Епінетівна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології оздоровчих продуктів, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

E-mail: nef1956@mail.ru

**Усатюк Олена Михайлівна**, асистент, кафедра молекулярної та авангардної гастрономії, Національного університету харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

E-mail: lленаusatiuk@gmail.com

**Карпуніна Маргарита Віталіївна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства, Національного університету харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

E-mail: lady\_margo@meta.ua

УДК 666.94.946

DOI: 10.15587/2313-8416.2014.31493

## ВПЛИВ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ПРОЦЕСИ ГІДРАТАЦІЙНОГО ТВЕРДНЕННЯ КАЛЬЦІЮ ОКСИДУ

© Я. Б. Якимечко, Б. Б. Чеканський

*В статті розглянуті деякі закономірності гідраційної активності кальцію оксиду. Досліджено процес структуроутворення кальцію оксиду при понижених температур. Проведено термодинамічну оцінку міцності порцеланитового каменю методом розрахунку енергетичного резерву. Встановлено, що під час тверднення негашеного вапна при обмеженні об'єму змінюється морфологія кристалів  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Гідраційне тверднення кальцію оксиду відбувається також у вакуумі*

**Ключові слова:** криогідрація, гідраційна активність, порцеланитовий камінь, морфологія кристалів, енерговміст системи, пептизація, контракція, віброактивація

*Some regularities of hydration activity of calcium oxide are considered in the article. The process of structure formation of calcium oxide under low temperature is investigated. The thermodynamic evaluation of the strength of portlandite stone by method of the energy reserve calculation is conducted. It is established, that during the quicklime hardening at limiting the volume, the morphology of the crystals  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  is changed. Hydration hardening of calcium oxide is also occurred in a vacuum.*

**Keywords:** kryohydration, hydration activity, portlandite stone, morphology of crystals, energy content of the system, peptization, contraction, vibroactivation

### 1. Вступ

Гідрація  $\text{CaO}$  в умовах підвищеної екзотермії супроводжується значними температурними деформаціями частинок твердої фази та дегідрацією новоутворень з руйнуванням утвореної структури. У результаті цих явищ процес гідрації негашеного вапна закінчується утворенням порошкоподібного гідратного вапна, основною причиною утворення якого є високий термодинамічно нестійкий стан кальцію оксиду, а також особливості будови його кристалічної ґратки [1, 2]. За таких умов не представляється можливим отримати міцний порцеланитовий камінь на основі промислового негашеного вапна.

### 2. Постановка проблеми

У будівельній практиці широко використовують принцип одержання штучного каменю методом кристалізації моногідратів у вигляді просторової системи міцно зв'язаних новоутворень. Цей принцип реалізується у гіпсових, магнезійних та інших в'язучих мономінерального складу. Процеси тверднення моногідратних систем підлягають єдиним закономірностям, тому повинна існувати можливість

отримання каменю під час гідрації кальцію оксиду та кристалізації порцеланиту.

Мета даних досліджень встановити умови, за яких відбувається гідраційне тверднення кальцію оксиду та розробити способи управління цим процесом.

### 3. Огляд літератури

Отримання в'язучих із оксидів металів вперше описано А. Мощанським та ін. [3], згідно даних якого оксид будь-якого металу проявляє в'язучі властивості при дотриманні певної швидкості його взаємодії з водою.

Теоретичні основи зменшення гідраційної активності  $\text{CaO}$  розроблені у роботах Л. Шпинової, М. Саницького та ін. [1, 4]. Показано, що за температури  $0^\circ\text{C}$ , через 7 діб міцність каменю на основі негашеного вапна досягає 30,2 МПа, що пояснюється відсутністю перегріву системи, підвищеною розчинністю  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  за понижених температур та утворенням крупних кристалів порцеланиту.

Авторами [5] встановлено, що в режимі криогідрації суттєво змінюється механізм гідрації клінкерних мінералів. Експериментально досліджено процеси, що проходять у системі " $\text{CaO}-\text{H}_2\text{O}$ " в