

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ЗБІРНИК ПРАЦЬ**

*XVII Міжнародної наукової конференції*  
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І  
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА  
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

*3-8 вересня 2018 р.*



**ОДЕСА  
2018**

Публікуються доповіді, представлені на XVII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (3 – 8 вересня 2018 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

Доктор техн. наук, професор  
Кандидат техн. наук

О.Г. Бурдо  
Ю.О. Левтринська

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

<b>Єгоров</b> <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
<b>Бурдо</b> <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Атаманюк</b> <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
<b>Васильєв</b> <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
<b>Гавва</b> <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Гумницький</b> <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
<b>Долинський</b> <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
<b>Зав’ялов</b> <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Сукманов</b> <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
<b>Колтун</b> <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
<b>Корнієнко</b> <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
<b>Малежик</b> <i>Іван Федорович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Михайлов</b> <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
<b>Паламарчук</b> <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
<b>Снежкін</b> <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік НАН України
<b>Сорока</b> <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
<b>Тасімов</b> <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
<b>Товажнянський</b> <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
<b>Ткаченко</b> <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
<b>Черевко</b> <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
<b>Шит</b> <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.
<b>Сухий</b> <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», д. хім. н., професор

---

**СЕКЦІЯ 1.**

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ  
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ,  
ТЕПЛОВИХ, МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ**

---

УДК 576/53.043/664/66-976. 66-947.3.

## ПРОЦЕС ЕКСТРАГУВАННЯ З ПЛОДІВ ШИПШИНИ У ВАКУУМНОМУ МІКРОХВИЛЬОВОМУ АПАРАТІ

Левтринська Ю.О., к.т.н., асистент, Альхурі Юсеф, аспірант,  
Голінська Я.А., асистент, Терзієв С.Г., д.т.н.  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

**Анотація.** У даній статті представлено результати досліджень процесів екстрагування у мікрохвильовому полі в умовах зниженого тиску. Об'єктом досліджень обрано плоди шипшини – багаті на термолабільний вітамін С. При екстрагуванні у створеному зразку екстрактора температури не перевищують 50 °С. За таких температур зберігається більше вітаміну С, краще зберігається колір та смак. Проведені лабораторні дослідження підтверджують підвищений вміст вітаміну С у екстракті. У порівнянні з технологіями, які зараз застосовуються на фармацевтичних підприємствах при виробництві екстрактів шипшини створені екстрактор та випарна установка мають ряд переваг: проста конструкція, безпечність, знижені робочі температури, енергетична ефективність. Підвищення виходу екстрактивних речовин можна пояснити особливим протіканням процесу за умов впливу мікрохвильового поля та виникненню явища бародифузії, що значно інтенсифікує перехід компонентів, що містяться у капілярах до екстракту.

**Ключові слова:** екстрагування, випаровування, фітопрепарати, мікрохвильове поле, кріоконцентрат.

## PROCESS OF EXTRACTION FROM HIPS IN VACUUM MICROWAVE APPARATUS

Levtrinskaya J.O., PhD in Tech.Sci., assistant, Alhuri Usef, postgraduate student,  
Golynskaya Ya.A., assistant, Terziev S.G., Dr. in Tech.Sci.  
Odessa national academy of food technologies, Odessa, Ukraine

**Abstract.** In this paper are presents the results of studies of extraction processes in a microwave field under conditions of reduced pressure. The object of research are the rose hips – rich in thermolabile vitamin C. According to previous studies, under the action of the microwave field possible reach a significant intensification of extraction processes. This is due to barodiffusion – a phenomenon that occurs in the capillaries of plant material. These principles are the base for innovative facilities designed by our scientific group: a microwave vacuum extractor and a microwave vacuum evaporator. During the sample treatment in an extractor, the temperature does not exceed 50 °C. At these conditions saved more of vitamin C, color and taste are better preserved. The laboratory researches confirm that the high content of vitamin C is present in the extract. Compared to the technologies that are applied by pharmaceutical companies in the production of rose hips extracts and evaporators, they have several advantages: simple design, safety, reduced working temperatures, high energy efficiency, shortening of processes. With microwave extraction it is possible to obtain the extracts that contain non-typical components for aqueous extracts precisely due to barodiffusion. So, with the use of one solvent, can be obtained a polyextract on the same installation. These technologies are actual in the first place for the pharmaceutical industry and the market of health food products. The comparison of vacuum microwave and cryoconcentration technologies are performed. It is wellknown that the best way to concentrate products with high vitamin C content is cryoconcentration. Obtained in that research results indicate that the quality of the extract produced in the vacuum microwave evaporator is similarly to cryoconcentrate.

**Key words:** extraction, evaporation, phytopreparations, microwave field, cryoconcentrate.

**Вступ.** В Україні та світі динамічно розвивається ринок продуктів здорового харчування, натуральних лікувальних препаратів (галенові препарати), харчових добавок. Певний сегмент у цьому ринку посідають сиропи шипшини багаті на вітаміни, зокрема – С та Р. Загалом, сиропи шипшини мають загальнозміцнюючу та імуностимулюючу дію та відносяться до категорії фітопрепаратів. З літературних джерел відомо, що шипшина є рекордсменом за вмістом аскорбінової кислоти. Однак, при переробці сировини з застосуванням теплових методів більша кількість вітаміну С втрачається через його термолабільність – руйнується при 60 °С. У виробництві сиропів шипшини традиційно використовуються дифузори Гузенка [1], де процес екстрагування відбувається за температур 75...80 °С з використанням водних екстрагентів. Після цього екстракт фільтрується, а шипшину віджимають для відділення соку. Готовий екстракт згущують у випарних апаратах до концентрації 55...60 %. Варто зазначити, що велика кількість корисних речовин втрачається ще на етапі сушіння плодів, де застосовуються методи сушіння за температур понад 100 °С. Визначено, що втрати вітамінів за таких режимів все одно менші аніж при тривалому сушінні за 50 °С, окрім того знижується ризик псування сировини

(скисання, прогрівання, появи плісняви, тощо) за рахунок скорочення тривалості сушіння. Теплові технології можуть бути удосконалені, проте вже сьогодні застосовуються більш сучасні методи обробки: сушіння у середовищі інертних газів, сублімаційне сушіння, фільтраційне, мікрохвильове та вібраційне сушіння та екстрагування, тощо. Враховуючи, що при виробництві фітопрепаратів велике значення має якість готового продукту, інноваційні технології скоріше впроваджуються саме для фармацевтичних виробництв.

Літературний огляд. **Аналіз проблеми та формулювання наукової гіпотези.**

При виробництві фітопрепаратів, зокрема рослинних екстрактів, застосовуються різноманітні методики. На відміну від виробництва харчових продуктів, до фармацевтичних препаратів застосовуються більш жорсткі вимоги щодо якості та вмісту цільових компонентів. Підприємства, що виробляють фітопрепарати віддають перевагу надійним зразкам екстракторів, які виробляються серійно, для котрих розроблені системи автоматизації, широкі типорозмірні ряди. При виробництві водних екстрактів використовуються дифузори та перколятори, що працюють за високих температур. Це пояснюється тим, що розчинність компонентів підвищується зі зростанням температури [2], зменшується в'язкість екстрагенту, порушується щільність целюлози, з якої складаються стінки капілярів рослинної сировини [1], пришвидшуються дифузійні процеси, в цілому скорочується тривалість процесу. Зазвичай, екстракційні апарати пов'язують у комплекси: батареї та каскади, у які послідовно подається екстракт. Таким чином досягається потрібна концентрація екстракту на виході. Проте, за використання такої технології постає проблема неповного використання сировини. Проведення процесу до повного виснаження сировини з використанням такого обладнання зазвичай не є рентабельним [1].

На ринку фітопрепаратів в Україні пропонується широка номенклатура, що нараховує тисячі найменувань. Великий сегмент серед них належить препаратам з плодів шипшини – 22 найменування [3]. Загалом можна поділити ці препарати на вітамінізовані екстракти та олії (рис. 1). У промисловому виробництві препаратів з шипшини застосовують комплексну переробку сировини. Якщо розглянути технологію узагальнено, то її можна поділити на декілька основних етапів: підготовка сировини, водне екстрагування з плодів у дифузорах (препарати аскорбінової кислоти), сушіння жому, сепарація м'якоті та кісточок, екстрагування каротиноїдів, екстрагування олій з кісточок та/або м'якоті [1].

Технології комплексної переробки мають багато недоліків, що вимагають докорінних змін у організації процесу. Основні серед цих недоліків перевитрати енергії на процеси зневоднення та екстрагування, високі робочі температури, через що знижується якість готового препарату. Порівняно із початковим вмістом вітамінів у плодах шипшини, у екстракті шипшини залишається менше 40 % від початкового вмісту. Втрати відбуваються на усіх етапах виробництва препарату.

У наукових дослідженнях вітчизняних та закордонних науковців пропонується нові методи обробки, серед яких надкритична флюїдна екстракція [4], екстрагування зрідженими газами [5], електрофізичні методи впливу [6], тощо. У Державному науковому центрі лікарняних засобів (м. Харків) проведено ряд досліджень з оцінки ефективності екстрагування при використанні різних екстрагентів та методів екстрагування. Цими дослідженнями підтверджується, що найбільш широкий спектр речовин можна отримати при екстрагуванні водою. Ряд гідрофобних речовин та жирів вода не розчинює, тому використовуються інші органічні розчинники. Однак, лише водою можна вилучати деякі полісахариди, білки та пептиди, пектини та олігосахариди [1].

Один екстрагент з використанням традиційних технологій не дозволяє вилучити всі цільові компоненти, тому російський вчений Г.Я. Коган запропонував методику отримання фітопрепаратів поліфракційного типу, або поліекстрактів [2]. За такої технології послідовно використовується декілька розчинників та отриманий препарат має більш широкі властивості. Так технологія має суттєвий недолік: ускладнення технологічного процесу, збільшення необхідних технологічних операцій, потреба у додатковому обладнанні. Можливість використання лише одного екстрагенту суттєво здешевило би виробництво поліекстрактів, зробило би їх більш доступними для споживачів та підвищило їхню інвестиційну привабливість.

Переважна більшість технологій поліекстрактів заснована на процесах термічної обробки [7-9]. Вологу з екстракту видаляють в вакуум-випарних апаратах. Значною мірою цей процес визначає якість готового продукту, витрати енергії та, відповідно, собівартість його виробництва [10]. Постають науково технічні протиріччя між зростаючими вимогами до якості продукту, енергоємністю його виробництва і технікою тепломасопереносу.

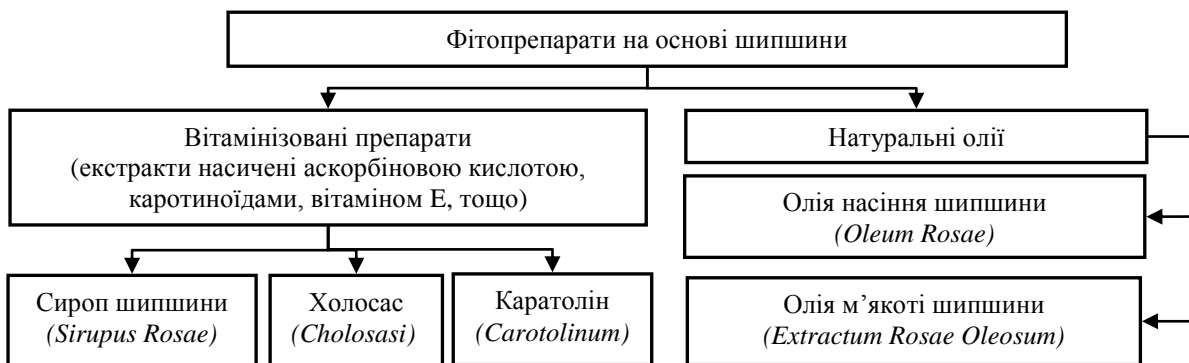


Рис. 1. Номенклатура галенових препаратів з шипшини в узагальненому вигляді.

Прагнення підвищити вміст сухих речовин в концентраті пов'язано з необхідністю великих витрат енергії і вирішенні питань інтенсифікації процесів теплопередачі, що в апаратах працюють в умовах вакууму проблематично. Збереження харчової цінності сировини вимагає зниження рівня тиску при випаровуванні, що має технічні обмеження. У даному науковому дослідженні метою є знайти ефективні принципи, підходи для локальних дій, спрямованих на інтенсивні, низькоенергоємні операції з сировиною, і, навіть, з окремими нанорозмірними елементами цієї сировини. Один із шляхів в цьому напрямку – це НЕД-технології (технології направленої енергетичної дії). В основі НЕД-технологій інноваційні механізми організації процесів масопереносу [11]. В результаті очікується істотне підвищення ефективності технологій концентрування: зниження питомої енергоємності, поліпшення якості готового продукту, підвищення продуктивності, тощо.

**Матеріали та методи досліджень.** Для проведення експериментальних досліджень обрано плоди шипшини сорту шипшина корична (*Rosa cinnamomea* L.), виробництва ПАТ «Лубнифарм», вологістю 15%. У якості екстрагенту використано дистильовану воду. Експериментальні дослідження проводились на унікальних стендах, розроблених на кафедрі процесів, обладнання та енергетичного менеджменту (розробник – д.т.н., проф. Бурдо О.Г.). Схеми та опис цих стендів розгорнуто представлено у наступному розділі. При вимірюванні температури використано пірометр випромінювання GM320. Діапазон вимірювання 0...330 °С, із похибкою ± 1,5 °С, -50...0 °С, із похибкою ± 3 °С. Точність вимірювань (ціна поділки) 0,1 °С. Робоча температура 0 °С... 40 °С. Показники сили току та напруги, інтенсивності дії поля визначались за допомогою вимірювального комплексу КСП-50. Цифровий портативний рефрактометр HI 96801, Hanna Instruments використовувався для визначення концентрації екстракту. Діапазон вимірювання: 0...85 °Brix. Точність: ±0,2 °Brix. Для визначення кількості вітаміну С у екстракті використано методику титрування Тільманса з використанням 2,6% дихлорфеноліндофенолу [12].

**Експериментальні дослідження. Результати досліджень.** Досліди проводилися на стендах (рис.2), в яких застосовано принципи НЕД. Основними вузлами експериментальних стендів (рис.2) є: екстракційна або випарна камера, конденсатор (КД), водоохолоджувач (ВДО), збірник конденсату (ЗК), вакуум-насос (ВН) і вимірювально-обчислювальний комплекс (ВОК). Перед початком дослідів у камері за допомогою вакуумного насоса (ВН) утворюється розрідження. В процесі експерименту тиск у камері стабілізувався за рахунок узгодження потужності підведеної електромагнітної енергії і роботою системи відводу енергії з камери. Для цього передбачено зворотний холодильник, температурний режим якого регулювався водоохолоджувальною (ВДО) системою. У комплект водоохолоджувача входила холодильна машина, циркуляційний насос і терморегулятор.

Парові обсяги випарної камери та конденсатора з'єднані паропроводом (п), контроль вакууму в системі проводиться зразковим вакуумметром (м). Підведення електромагнітної енергії здійснюється блоком силової електроніки (БСЕ) по командам блоку управління (БУ), який містить таймер і регулятор потужності. Водоохолоджувач складається з парокompресорної холодильної машини, ємності з охолоджувальною водою, регулятора температури води і циркуляційного насоса, який забезпечує подачу холодної води в конденсатор (КД). Стенд комп'ютеризований, поточна інформація від електронних ваг (датчик Д1), вимірювача температури пари, що виходить (датчик Д2) і продукту в випарній камері (датчик Д3) через інтерфейс надходить, реєструється і обробляється процесором ІВК. У стенді використовувалися електронні ваги (ЕВ) типу ТВЕ-0,21-0,01 і датчики температур типу Dallas DS 18B20. Інформація надходила на ноутбук або планшет CHUWI CW1506.

Розроблена програма передбачала відображення на екрані дисплея термограм, видалення вологи з камери і миттєві значення швидкості видалення вологи (% / хвилину).

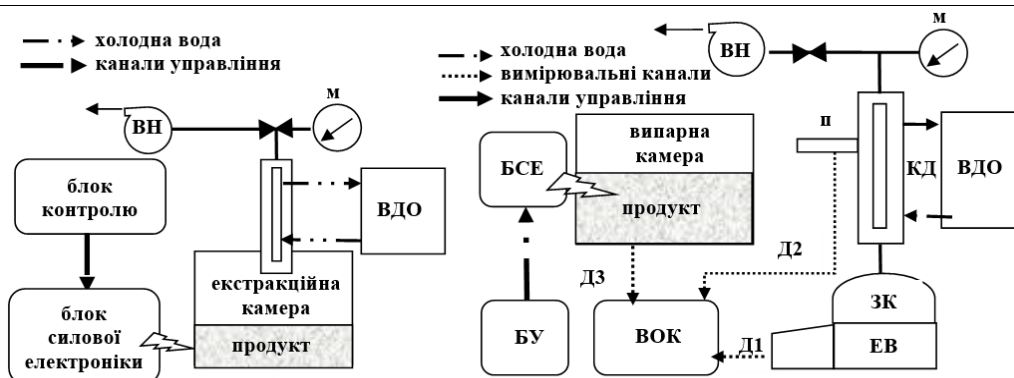


Рис.2. Схема експериментальних стендів а) ВМЕ; б) МХВУ.

У процесі експерименту змінювалися потужність магнетрона, обсяг соку, його концентрація. Ваги (рис.26) реєстрували вагу конденсату в збірнику (ЗК). Таким чином, з високою точністю визначався вихід пари. У дослідях, що проводилися на стенді (рис.2), пара, що вийшла з реактору, прямувала до конденсатору, з якого утворений конденсат стікав у ємність, розташовану на вагах. Теплота конденсації відводилась холодною водою, температура якої коливалась в межах 4...6 °С.

Поточні значення температур продукту в реакторі, пари на виході з апарату, холодної води та маси конденсату збиралась апаратно-інформаційним комплексом на базі планшету. Визначався вплив потужності поля, концентрації та виду продукту, типу розчинника на кінетику процесу. Об'єктами досліджень були: гомогенні системи (сік ехінацеї, сік гранату, екстракти кави та шипшини), дисперсні комплекси (шлам кави із спиртом), гетерогенні системи (томатна паста, спиртовий екстракт олії з шлему кави) [13]. Експеримент проводився з використанням стенду ВМЕ (рис.3).

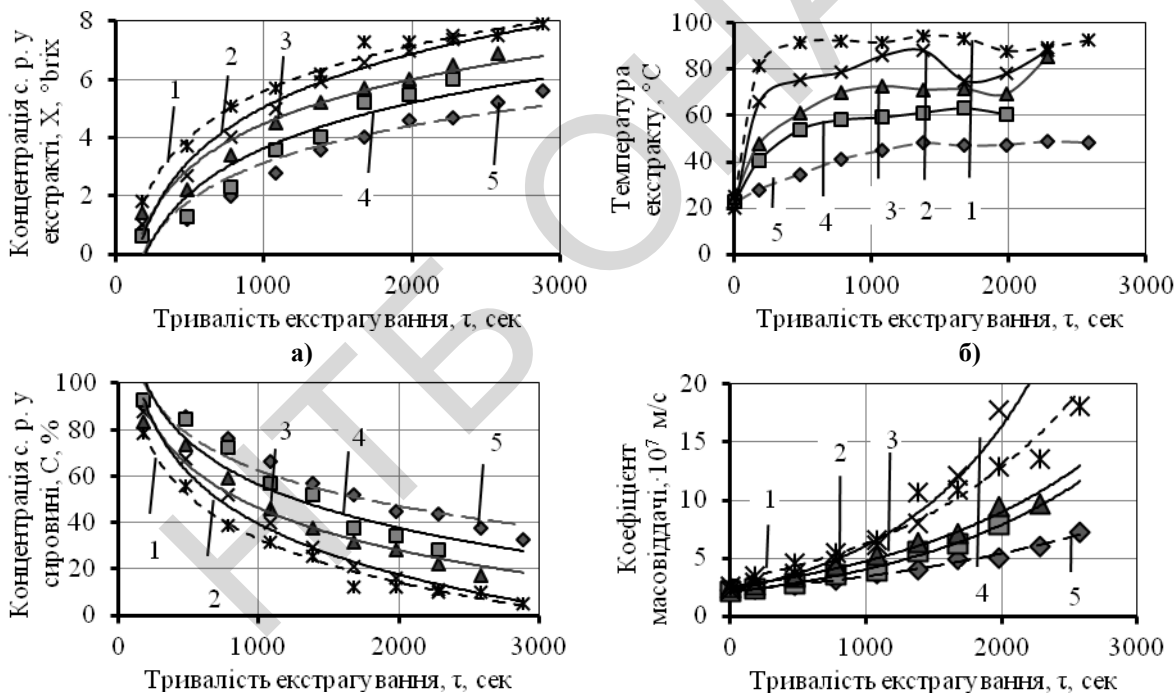


Рис.3. Кінетика екстрагування у ВМЕ (а), зміна температур екстракту (б), концентрації розчинних речовин у сировині (в) та коефіцієнту масовіддачі (д) при різній інтенсивності впливу поля: 1 – 1024 Вт; 2 – 682 Вт; 3 – 512 Вт; 4 – 273 Вт; 5 – 136 Вт.

Маса продукту  $G_{ш}$  для всієї серії експериментів становила 100 г. Співвідношення твердої фази та екстрагенту: 1: 4. Тиск в камері екстрактора підтримувався в діапазоні 20 ... 40 кПа. Проведено розрахунок коефіцієнту масовіддачі при екстрагуванні за класичним рівнянням (1) [11].

$$\beta_e = \frac{V_e \cdot 100}{F_k \cdot (X_b - X)}, \quad (1)$$

де  $\beta_e$  – ефективний коефіцієнт масовіддачі,  $V_e$  – об'єм екстракту,  $F_k$  – площа контакту фаз,  $X$  та  $X_b$  – поточна



та рівноважна концентрація екстракту.

Дослідження роботи установки за різної інтенсивності дії мікрохвильового поля дозволяють обрати доцільний режим обробки зразків (№5 рис.3). Температура у камері за цього режиму не перевищує регламент для обробки плодів шипшини та дозволяє зберігати енергію.

Екстракт, який отримано за температури не вище 40 °С має концентрацію сухих речовин 4,2 %. Для відповідності формі екстракційного лікарського препарату, екстракт має бути сконцентрований. Досліджено 2 способи концентрування: у МХВУ (рис. 2б) та у криоконцентраторі.

Для концентрування обрано об'єм екстракту 500 см<sup>3</sup>. При концентруванні у МХВУ робочі температури коливались у діапазоні 30...40 °С. За 10 хвилин з екстракту виділено 412 см<sup>3</sup> вологи, вміст сухих речовин у екстракті склав 24 %. При криоконцентруванні 500 см<sup>3</sup> екстракту, час заморожування блоку склав 13 хвилин.

При сепаруванні блоку льоду та концентрату отримано 160 см<sup>3</sup> екстракту концентрацією 12 %. Сепарування тривало 1 годину 18 хвилин за температури близької до 0 °С – температури фазового переходу для води.

**Оцінка якості отриманих препаратів шипшини.** Відомо, що у 100 г плодів шипшини в середньому міститься 470 ... 2400 мг вітаміну С в залежності від сорту та умов вирощування (0,47 ... 2,4%). Плоди дикої шипшини або троянди собачої (*Rosa canina*) містять близько 500 мг вітаміну С; троянда зморшкувата, звана ще шипшиною звичайною (*Rosa rugosa*), – від 800 до 900 мг. У шипшині гірляндовій або троянді коричній (*Rosa cinnamomea*) вітаміну С більше, ніж в будь-якому іншому виді, – до 2400 мг на 100 г. Визначено, вміст сухих водорозчинних екстрактивних речовин для плодів шипшини коливається у межах 20 ... 25% [14]. Отже, відносно загального вмісту сухих речовин вміст вітаміну С складає 2,1 ... 11 %.

Для аналізу обрано 2 зразки екстрактів. Перший отримано за допомогою екстрагуванні при температурі 35...40 °С (екстракт №1), а другий – 40...50 °С у ВМХЕ (екстракт №2). Екстракт №1 сконцентровано двома способами: у МХВУ (концентрат №1) та у апараті для криоконцентрування харчових розчинів (концентрат №2). Результати аналізу представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати аналізу вмісту вітаміну С у екстрактах шипшини

Зразок	Концентрація розчинених сухих речовин, %	Вміст вітаміну С, мг/100 см <sup>3</sup>	Відносний вміст вітаміну С, %
Екстракт №1	4,2	430...550	10,2...13
Екстракт №2	4,8	310...380	6,45...7,9
Концентрат №1	24	3640...4050	9,2...10,2
Концентрат №2	14	2120...2310	11,2...12,5

З таблиці 1 видно, що вміст вітаміну С дещо вищий для екстракту №1. При концентруванні він зростає майже у 8 разів для першого концентрату, та у 6 для другого.

Проведено органолептичний аналіз концентрованих екстрактів(рис.4). Визначено такі характеристики, як смак, аромат, густина, колір та насиченість кольору. Вищий бал (5) відповідає насиченому, характерному для шипшини аромату, яскравому червоно-помаранчевому кольору, смаку без відтінків варіння, з вираженому з кислуватим присмаком, відповідає однорідній консистенції.

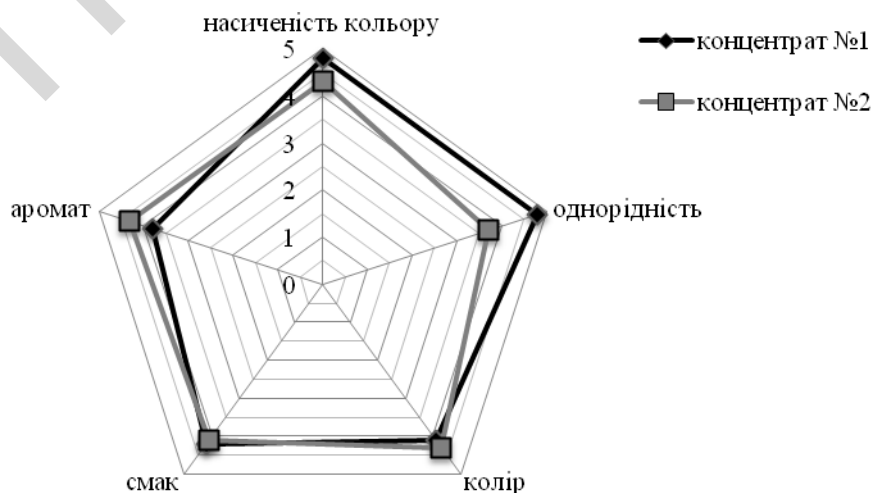


Рис. 4. Профілограма оцінки якості концентрованих екстрактів шипшини.

Результати для кріоконцентрату та екстракту, згущеного у ВМХЕ представлені на профілограмі нижче. Відомо, що кріоконцентрування є одним з найліпших способів зневоднення для рідких харчових продуктів [15].

Аналіз профілограми показав, що концентрати №1 та №2 мають високу якість, але для екстракту, отриманого при кріоконцентруванні (№2) дещо вищі такі з показників, як аромат, колір та смак.

**Висновки.** Використання мікрохвильового підведення енергії до сировини в процесах екстрагування з огляду на проведені дослідження та результати, що представлені у відкритих літературних джерелах дозволяє суттєво інтенсифікувати ці процеси. Експерименти, проведені з використанням шипшини підтверджують не лише інтенсифікацію виходу екстрактивних речовин, а й покращення якості продукту. Поєднання мікрохвильового екстрагування з вакуумуванням екстракційної ємності дозволяє суттєво знизити температуру ведення процесу, яка у дослідах не перевищує 50 °С.

Обрані режими роботи обладнання дозволяють зберегти вітамін С та отримати екстракти високої якості, що підтверджують результати лабораторних досліджень. Ефективність вакуумних мікрохвильових технологій аналогічна і для процесів концентрування. Концентрат отриманий у мікрохвильовому вакуумному апараті не поступається у якості, навіть у порівнянні з концентратом, отриманим за інноваційними технологіями, такими як кріоконцентрування. Серед переваг вакуумного мікрохвильового концентрування можна також виділити істотне скорочення тривалості процесу – у 3-5 разів, за рахунок відсутності потреби у тривалому сепаруванні, що є суттєвим для продуктів, що швидко окислюються, як досліджуваний екстракт шипшини.

### Література.

1. Чуешов В.И., Гладух Е.В., Сайко И.В., Ляпунова О.А., Сичкарь А.А., Крутских Т.В., Рубан Е.А., Черняев С.В. Технология лекарств промышленного производства: учебник для студ. высш. учеб. завед.: перевод с укр. Яз. : в 2 ч. Ч. 1; Винница: Новая Книга, 2014. – 696 с.
2. Дубашинская Н.В., Хишова О.М., Шимко О.М. Характеристика способов получения экстрактов и их стандартизация (часть II) // Вестник фармации. №2 (36.) 2007. р. 70-79
3. Мінарченко В. М., Бутко А. Ю. Дослідження вітчизняного ринку лікарських засобів рослинного походження // Фармацевтичний журнал. – 2017. – № 1. – С. 30-36.
4. Valadez-Carmona L. et al. Valorization of cacao pod husk through supercritical fluid extraction of phenolic compounds // The Journal of Supercritical Fluids. – 2018. – Т. 131. – С. 99-105.
5. Rapinel V. et al. Potentialities of using liquefied gases as alternative solvents to substitute hexane for the extraction of aromas from fresh and dry natural products // Comptes Rendus Chimie. – 2018. Vol. 21, Is. 6, p. 590-605.
6. Jacotet-Navarro M., Rombaut N., Fabiano-Tixier A.-S., Danguien M., Bily A., Chemat F. Ultrasound versus microwave as green processes for extraction of rosmarinic, carnosic and ursolic acids from rosemary // Ultrasonics Sonochemistry, 2015. Vol. 27. P. 102-109.
7. Manscy O. A. Justification of composition and technology of granules with sunflower protein and plant polyextract. // Український біофармацевтичний журнал. 2014. № 3 (32). 2014. р. 4-7.
8. Бахтина, С.М. Фармакологическое изучение сухого полиэкстракта из наземной части остролодочника остролистного: автореф. дис. ... канд. фарм. наук: 14.0.25 // Санкт-Петербург. гос. мед. ун-т им. И.П. Павлова, 1996. – 23 р.
9. Чуйкин С.В., Галеєва Р.Р., Егорова Е.Г., Галеєва З. Р. Применение фитокомплекса с полиэкстрактом листьев шалфея лекарственного в комплексной профилактике и лечении стоматологических заболеваний у детей с ДЦП. // Educatio. 2015. №3 (10)-5). р. 50-56.
10. Manal A. Sorour. Optimization of multiple effect evaporators designed for fruit juice concentrate // American Journal of Energy Engineering, 2015, pp. 6-11.
11. Бурдо О.Г., Пищевые нанотехнологии – Херсон, 2013 – 294 р.
12. Матасова С. А., Рыжова Г. Л., Дычко К. А. Химический состав сухого водного экстракта из шрота шиповника // Химия растительного сырья. – 1997. – № 2. с. 28-31
13. Бурдо, О. Г., Сиротюк, И. В., Альхури, Ю., Левтринская, Ю. О. Микроволновая энергия, как фактор интенсификации тепломассопереноса и формирования полиэкстракта. // Проблемы региональной энергетики, (1 (36)). (2018). с. 58-71 DOI: 10.5281/zenodo.1217259
14. Источники витамина С // Медицинский справочник «Правильное питание». Режим доступа: <http://www.medical-enc.ru/15/pitanie/71.shtml> Дата звернення: 11.05.2018
15. F. Khajehei, M. Niakousari, M. H. Eskandari, M. Sarshar. Production of Pomegranate juice concentrate by complete block cryoconcentration process // Journal of Food Process Engineering, 2015, Vol. 38, Issue 5, pp. 488-498.

## ЗМІСТ

### ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ, МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

ВПЛИВ МЕТОДИКИ РОЗМІЩЕННЯ СИРОВИННИХ ПОЛІН ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДЕРЕВНОГО ВУГЛЛЯ ПІРОЛІЗНИМ СПОСОБОМ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ	
<b>Товажнянский Л.Л., Вель В.Є., Миронов А.М.</b> .....	5
ТЕПЛООБМІННИКИ КРІОМОДУЛІВ НА БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШАХ	
<b>Литвиненко М.П., Туз В.О.</b> .....	10
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ФІТОЕСТРОГЕННОЇ СИРОВИНИ	
<b>Петрова Ж.О., Слободянюк К.С.</b> .....	12
ЗВ'ЯЗОК ЯВИЩА ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ТА ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДИ	
<b>Авдєєва Л.Ю., Жукотський Е.К., Макаренко А.А.</b> .....	17
КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДІАЦІЙНЕ СУШІННЯ ЯБЛУЧНИХ СНЕКІВ ЗА УМОВ РУХУ ПОВІТРЯ	
<b>Малежик І. Ф., Дубковецький І. В., Стрельченко Л. В.</b> .....	20
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ЕКСТРАГУВАННЯ СІРЧАНОКИСЛОЇ МІДІ ЗА УМОВ ВАКУУМУВАННЯ	
<b>Симак Д.М. Склабінський В.І.</b> .....	24
ВПЛИВ РОЗЧИННИХ РЕЧОВИН НА СТАН ВОДИ В РОСЛИННИХ ТКАНИНАХ ТА КІНЕТИКУ ЇХ СУШІННЯ	
<b>Дмитренко Н.В.</b> .....	30
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДІОКСИДУ СУЛЬФУРУ ТА НІТРОГЕНУ НА ПРОЦЕС ПОГЛИНАННЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ХЛОРОФІЛСИНТЕЗУЮЧИМИ МІКРОВОДОРОСТЯМИ	
<b>Дячок В.В., Катишева К.В., Гуглич С.І., Мандрик С.Т.</b> .....	35
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЇ КИСНЮ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ	
<b>Ободович О.М., Сидоренко В.В.</b> .....	41
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА «БИФАЦИЛ» НА ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА	
<b>Переяславцева Е.А.</b> .....	44
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
<b>Рябова І.Б., Петухова О.А., Горносталя С.А., Щербак С.М.</b> .....	50
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ СУСПЕНЗОВАНОГО ГРИБА ШИЇТАКЕ В СИСТЕМІ «КРАПЛЯ-ПАРОГАЗОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ»	
<b>Шаркова Н.О., Турчина Т.Я., Жукотський Е.К., Костянець Л.О.</b> .....	55
КОНВЕКТИВНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ БАТАТУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	
<b>Шапар Р.О., Гусарова О.В.</b> .....	58
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ БУРЯКОВОГО ЖОМУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БЮКОРМІВ	
<b>Гнатів З.Я., Мосюк М.І., Дулеба В.П.</b> .....	62
ПРОЦЕС ЕКСТРАГУВАННЯ З ПЛОДІВ ШИПШИНИ У ВАКУУМНОМУ МІКРОХВИЛЬОВОМУ АПАРАТІ	
<b>Левтринська Ю.О., Альхурі Юсеф, Голінська Я.А., Терзієв С.Г.</b> .....	66

### МОДЕЛЮВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ. ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ І СИСТЕМ

ТЕПЛООБМІН ПРИ ПЛАВЛЕННІ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ	
<b>Корінчевська Т.В., Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А.</b> .....	73