

## ВІДГУК

офіційного опонента

кандидата технічних наук **Гоженко Любові Петрівни**

на дисертаційну роботу **Федоришин Ольги Миколаївни**

**“Механізм та кінетика екстрагування біологічно активних речовин з рослинної сировини”**,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

**Актуальність роботи.** Інноваційні технології одержання продукції на основі біологічно активних речовин потребують розширення сировинної бази та наукового обґрунтування процесів обробки сировини. Вивчення і оптимізація процесу екстрагування біологічно активних речовин з рослинної сировини забезпечить енергоефективне виробництво якісних фітопрепаратів для широкої сфери застосування. На сьогодні удосконалення та розроблення технологій виробництва нових препаратів рослинного походження є важливим завданням хімічної і фармацевтичної промисловості. Дослідження, спрямовані на встановлення ймовірного механізму і обґрунтування умов процесу екстрагування органічних речовин (фенольних сполук та флавоноїдів) з рослинної сировини, експериментальні дослідження кінетичних закономірностей масообмінних процесів під час екстракційного вилучення біологічно активних речовин, математичне моделювання, розроблення принципової технологічної схеми для прогнозування процесу екстрагування в конкретних реальних умовах є безумовно актуальними.

В дисертаційній роботі Федоришин О. М. “Механізм та кінетика екстрагування біологічно активних речовин з рослинної сировини” шляхом застосування низки експериментальних досліджень процесу екстракції встановлено наукові основи одержання цінних продуктів органічного синтезу (фенольних сполук та флавоноїдів) з трьох видів рослинної сировини: відкасника безстеблевого (*Carlina acaulis*), календули лікарської (*Calendula officinalis*), косариків черепитчастих (*Gladiolus imbricatus*). Досліджено вплив різних факторів на процес екстракції, обґрунтовано вибір технологічних параметрів (розмір частинок твердої фази, концентрація екстрагенту, тривалість процесу) на вилучення біологічно активних речовин.

Тема дисертаційної роботи Федоришин О. М. безпосередньо пов'язана з науковим напрямом кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології: “Синтез, дослідження, технологія та біотехнологія нових органічних речовин і функціональних матеріалів, яким притаманні біологічна активність та комплекс інших практично цінних



властивостей” і виконана в межах науково-дослідних робіт: “Математичне моделювання мікробіологічних процесів” (№ держреєстрації 0107U009415), “Дослідження хімічного складу та вивчення фармакологічних властивостей рослин Карпатського регіону” (№ держреєстрації 0107U009425), державної науково-технічної програми 03.06. “Нові екологічно безпечні лікувальні засоби”.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Наукові положення, теоретичні висновки та практичні рекомендації, наведені в дисертаційній роботі, викладені в логічній послідовності, достатні за змістом і науково обґрунтовані. Автором проаналізовані результати науково-технічної та патентної літератури, вітчизняних й іноземних літературних джерел за останні роки (202 позиції), розроблені методики досліджень та проведені експериментальні дослідження.

**Науковою новизною** дисертаційної роботи є наступні результати, які одержані на основі аналізу теоретичних та експериментальних даних і доповнюють наукові розробки інших авторів з процесів та обладнання хімічної технології. Новизною дисертації вважаються дослідження кінетичних закономірностей масообмінних процесів під час екстракційного вилучення фенольних сполук та флавоноїдів з рослинної сировини та встановлено, що з *Carlina acaulis*, *Calendula officinalis*, *Gladiolus imbricatus* для максимального вилучення БАР необхідно використовувати 70 % концентрацію водно-етанольної суміші. Запропоновані умови для одержання максимальної кількості екстрактивних речовин.

**Достовірність результатів.** Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується застосуванням сучасної методології досліджень, зокрема відомих методів комп’ютерної обробки і аналізу та експериментальних методів дослідження, коректністю поставлених задач, задовільною збіжністю результатів теоретичних положень і експериментальних результатів. Таким чином, не викликає сумнівів ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.

**Повнота викладу основних наукових положень дисертації в опублікованих працях.** Кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації відповідають вимогам Атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України. Основні положення та результати дисертаційного дослідження повністю відображені у 6 наукових публікаціях, зокрема 4 статтях у наукових фахових виданнях України, стаття у виданні України, що входить до наукометричної бази Scopus; стаття в закордонному науковому



періодичному виданні. Апробація результатів роботи підтверджена доповідями на 5 міжнародних та вітчизняних наукових конференціях.

**Ідентичність змісту автореферату і основних положень дисертації.** Автореферат містить тільки ті положення, які мають місце у тексті рукопису дисертації. Ідентичність у повній мірі підтверджується.

**Структура та зміст роботи.** Дисертаційна робота Федоришин О. М. є **завершеною науковою працею** і складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (202 найменування) та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 164 сторінки.

**У першому розділі** на основі літературного аналізу проведено огляд та аналіз сучасного стану і перспектив розвитку одержання цінних продуктів органічного синтезу з рослинної сировини. Автором виділено основні переваги та недоліки різних конструкцій екстракторів для екстрагування рослинної сировини з врахуванням кінетики процесу. Сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи, необхідні для вирішення поставленої мети.

Необхідно відзначити, що кожне положення аналізу містить посилання на літературне джерело.

**Другий розділ** присвячується висвітленню загальних методик та основних методів дослідження, які застосовувались в дисертаційній роботі. Докладно описано методику проведення експериментальних досліджень, показано схему експериментальної установки апарата з мішалкою для екстрагування рослинної сировини, наведено методи контролю і вимірювання всіх необхідних параметрів під час проведення експериментів. Також представлені методики обробки результатів експериментальних досліджень.

**У третьому розділі** подано результати експериментальних досліджень за допомогою сучасних інструментальних методів аналізу на якісний та кількісний вміст біологічно активних речовин з відкасника безстеблового (*Carlina acaulis*), косариків черепитчастих (*Gladiolus imbricatus*), календули лікарської (*Calendula officinalis*). Наведені результати експериментальних досліджень, вивчення умов екстрагування та одержання екстрактів з органічної сировини, закономірності впливу концентрації екстрагенту на максимальне вилучення цінних продуктів органічного синтезу. Визначено, що в якості раціонального екстрагенту для вилучення органічних сполук з вибраної рослинної сировини оптимально підходить водно-етанольна суміш з концентрацією етанолу 70 %, оскільки забезпечує максимальний вихід екстрактивних речовин 35,46 %, загальних фенольних сполук 2,48 мг в



перерахунку на галову кислоту і 6,25 мг флавоноїдів в перерахунку на кверцетин.

**Четвертий розділ** висвітлює кінетику екстрагування *Carlina acaulis* і на основі експериментальних даних математичних моделей розраховані коефіцієнти масопереносу через клітинну стінку, коефіцієнт масовіддачі у міжклітинному просторі та в шарі екстрагенту, виведені кінцеві кінетичні рівняння екстрагування фенольних сполук і флавоноїдів та оцінено порядок коефіцієнтів дифузії через клітинну оболонку, у міжклітинному просторі і в об'ємі екстрагенту. Обґрунтовано математичну модель процесу екстракції з твердої фази (рослинні клітини) у рідку фазу (етиловий спирт). Виділено, що масоперенесення цільових речовин в екстрагент відбувається в три стадії процесу екстрагування: дифузія цільових речовин крізь оболонку клітини у міжклітинний простір; дифузія в міжклітинному просторі до поверхні твердого тіла; перехід від твердого тіла в основний об'єм екстрагенту.

**П'ятий розділ** присвячений технології одержання настоянок з коренів *Carlina acaulis*. Розроблено принципів технологічні схеми одержання настоянок з коренів *Carlina acaulis* методом настоювання та в апараті з мішалкою. Представлені критерії якості для настоянок з коренів *Carlina acaulis*. Запропоновано два способи екстракції: настоювання і настоювання з перемішуванням. Наведено органолептичні та фізико-хімічні показники якості отриманих настоянок.

**У висновках** викладено основні результати дисертаційної роботи, що відображають шляхи вирішення поставлених завдань та досягнення мети роботи.

**У додатках** є акти впровадження в навчальний і виробничий процеси, а також передача результатів дисертаційної роботи до використання на виробництво.

**Характеристика змісту та рукопису дисертації.** Дисертаційна робота Федоришин О. М. за своїм змістом характеризується логічним і послідовним досягненням мети та розв'язанням комплексу поставлених завдань дослідження. Оформлення дисертаційної роботи в цілому відповідає вимогам до текстової документації. Всі позиції списку використаних літературних джерел мають відповідні посилання у тексті рукопису. Запозичення з чужих праць без відповідних посилань на ці наукові праці у тексті рукопису не виявлено.

**Важливість отриманих результатів дисертаційної роботи для науки та практики.** Результати, отримані здобувачем, мають важливе значення для науки, вони розширюють загальні наукові уявлення для одержання цінних продуктів органічного синтезу (фенольних сполук та флавоноїдів) на основі



дослідження процесу екстракції та встановлення їх науково обґрунтованих умов.

Практична, економічна і екологічна значущість розробок здобувача обумовлена реалізацією головного завдання – розширення сировинної бази продуктів органічного синтезу.

Практичне значення дисертаційної роботи підтверджується ще й тим, що отримані нові наукові дослідження були підтверджені на практиці в ТОВ «Компанія Універсальні Технології», використовуються в навчальному процесі кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету «Львівська політехніка», кафедри організації та економіки фармації і технології ліків Івано-Франківського національного медичного університету, кафедри біотехнології Національного фармацевтичного університету, кафедри харчової біотехнології і хімії Тернопільського національного технічного університету та передано до використання в АТ «Галичфарм» Корпорація «Артеріум».

Разом із цим до дисертаційної роботи Федоришин О. М. є наступні зауваження:

1. У першому розділі на стор. 30 оглядово представлено на рис. 1.5. Апігенін і рис. 1.6. Кверцетин, а в другому розділі на стор. 64, 65 описано визначення за формулою (2.8) вмісту суми флавоноїдів в перерахунок на рутин, тому потрібно більше надати інформації про цей флавоноїд.
2. У першому розділі, присвяченому огляду літератури, на стор. 34 є рис. 1.13. Лабораторна роторна випарна установка для концентрування екстрактів. Незрозуміло можливість застосування даної установки для експериментальних досліджень дисертаційної роботи. Нечітко зображені фото на стор. 45 рис. 1.17. Одержання екстрактів методом перколяції в лабораторних умовах, стор. 47 рис. 1.19. Екстрактор Сокслета в лабораторних умовах та як виконання експериментальних досліджень в роботі пов'язано з представленим процесом екстракції.
3. У третьому розділі треба було б навести порівняльну характеристику вмісту біологічно активних сполук вибраних рослин та чіткіше обґрунтувати вибір саме цих об'єктів дослідження.
4. Необхідно було б провести дослідження процесу отримання біологічно активних речовин за температурою та швидкістю перемішування при екстракції в апараті з мішалкою.



5. У плані дискусії хотілося б почути думку автора дисертаційної роботи як проявляється вплив способу екстракції на вихід фенольних сполук та флавоноїдів.
6. Недостатньо обґрунтовано чому в роботі для вивчення кінетики екстрагування БАР обрано тільки відкастик безстеблевий *Carlina acaulis*.

Вказані зауваження не мають принципового характеру та не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи Федоришин О. М., а є лише рекомендованими або дискусійними.

### Висновок

Вважаю, що дисертаційна робота Федоришин Ольги Миколаївни “Механізм та кінетика екстрагування біологічно активних речовин з рослинної сировини”, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, які у сукупності вирішують важливу науково-практичну задачу, а саме встановлення ймовірного механізму та науково обґрунтованих умов процесу екстрагування органічних речовин з рослинної сировини, за актуальністю, новизною, ступенем обґрунтованості і достовірністю наукових положень, висновків і рекомендацій, значенням для науки і практики, повнотою викладення в опублікованих працях є завершеною науковою працею, відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12, 13 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, щодо кандидатських дисертацій, а її автор Федоришин Ольга Миколаївна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології.

### Офіційний опонент

старший науковий співробітник відділу  
тепломасообміну в дисперсних системах  
Інституту технічної теплофізики  
НАН України, кандидат технічних наук

 **Гоженко Л. П.**

Підпис гр. *Гоженко Л. П.*  
**ЗАВІРЯЮ**  
“20” 04 2021 р.  
Зав. канцелярією *Гоженко Л. П.*

