

“Immobilization of endoglucanase on kaolin by adsorption and covalent bonding,” *Bioprocess Biosyst. Eng.*, vol. 44, no. 8, 2021, doi: 10.1007/s00449-021-02545-3.

10. F. Ali *et al.*, “Adsorption isotherm, kinetics and thermodynamic of acid blue and basic blue dyes onto activated charcoal,” *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 2, 2020, doi: 10.1016/j.cscee.2020.100040.

11. V. V. Turov, V. M. Gun’ko, V. I. Zarko, V. M. Bogatyr’ov, V. V. Dudnik, and A. A. Chuiko, “Water adsorption at pyrogenic silica surfaces modified by phosphorus compounds,” *Langmuir*, vol. 12, no. 14, 1996, doi: 10.1021/la950592c.

12. M. Mohsenipour, S. Shahid, and K. Ebrahimi, “Nitrate adsorption on clay kaolin: Batch tests,” *J. Chem.*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/397069.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОСКОПОДІБНИХ КОМПОНЕНТІВ У ЯКОСТІ НОВОЇ СИРОВИНИ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Бухкало С.І.¹, Руднєва Л.Л.²

¹*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, e-mail bis.khr@gmail.com*

²*Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»*

Вступ. Сучасні виробництва з безвідходної переробки різновидів рослинної сировини мають суттєві структурні зміни, спрямовані на інтенсифікацію виробництва і максимальне використання відходів, наприклад, для олієжирової галузі агропромислового комплексу України. В процесі переробки олійної сировини, особливо соняшника, на стадіях шеретування насіння і під час рафінації олії на стадії виморожування воскоподібних компонентів утворюються відходи, що не знаходять подальшого кваліфікованого застосування. Але, у свою чергу, воскоподібні компоненти соняшникового лушпиння можуть знайти широке застосування для потреб різновидів харчової, косметичної, медичної, технічної та хімічної галузей промисловості, а також, навіть, у виробництві ряду продуктів військово-технічного та космічного призначення. Можна відзначити, що вітчизняних сировинних ресурсів натуральних восків тваринного походження недостатньо, а економічні умови розвитку промисловості України суттєво обмежують можливості імпорту будь-яких натуральних восків.

Представлені дослідження з розробки технології воскоподібних компонентів соняшникового лушпиння (ВКСЛ) – інноваційного виду сировини природного походження, з метою подальшого її застосування у харчовій, косметичній та технічній галузях промисловості – є актуальними та своєчасними. Розширення застосування вищезначених ВКСЛ у різновидах галузей промисловості та визначення оновленого асортименту продукції можливо завдяки інноваційному дослідженню та аналізу особливостей їх

властивостей: науковому обґрунтуванні та розробці практичних рекомендацій з технології вилучення і застосування ВКСЛ [1–3].

Методи дослідження. Хімічні та фізико-хімічні показники вихідної сировини проаналізовано за стандартними методиками: проведення визначення кількості ліпідної частини методом екстракції; хімічні та фізико-хімічні показники якості одержаних воскоподібних компонентів соняшникового лушпиння проведено за стандартними методиками: 1) визначення кислотного та йодного числа; 2) температури плавлення та показника заломлення; 3) застосування порівняльного методу газорідинної хроматографії та інфрачервоної-спектроскопії; 4) метод диференційної скануючої калориметрії – дослідження кристалічної структури ВКСЛ, вилучених з соняшникового лушпиння методом перколяції, та їх температури плавлення та ін.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Воски (*Cera*) – група жироподібних твердих речовин природного чи синтетичного походження. Воски відносяться до нейтральних ліпідів [1, 4–6]. Віск – складна суміш сполук [2]. За хімічною будовою це естери карбонових або вищих одноосновних жирних кислот (C_{16} – C_{36}) та вищих одноатомних жирних спиртів (C_{21} – C_{35}) [3]. В процесі переробки насіння соняшнику як побічні продукти можна одержати воски з лушпиння соняшнику, а також при очищенні олії на стадії вінтеризації (виморожування). Хімічний склад соняшникового насіння, в основному залежить від сорту, кліматичних умов, ґрунту і культивації. Останнім часом культивуються ранньостиглі сортові та гібридні насіння соняшнику з високою олійністю.

У нових різновидах сортів соняшнику значно змінився хімічний склад ядра, змінилося співвідношення гідрофобної (жирової) і гідрофільної (нежирової) частин ядра. Насіння соняшнику, хоч і стало дрібнішим, проте стало більш олійним та менш лушпинним. У середньому лушпинність насіння становить 23–26 % мас. воно має тонке, щільно прилегле до ядра лушпиння. Повітряний прошарок між ядром і лушпинням практично відсутній, тому ботанічна олійність лушпиння зростає до 2,85–3,2 %. Збільшився відсоток вмісту безнітрогенних екстрактивних речовин і золи. Такі морфологічні особливості будови насіння соняшнику ускладнюють процес шеретування. Погіршується процес відділення лушпиння від ядра. Тому ядро, яке надходить на пресування, досягає лушпинності 10 %, а іноді і вище. Лушпиння на 79–90 % складається з целюлози (клітковини), лігніну і геміцелюлози (переважно глюкуронооксілана), інші 10 % представлені ліпідами, восками, мінералами і протеїном. У насінні міститься близько 3 % воску, який в основному локалізований в лушпинні.

Об'єктом дослідження даної роботи були зразки лушпиння з олієпереробних заводів, використовували усереднену пробу лушпиння. Усереднена проба лушпиння характеризує склад та властивості лушпиння з урахуванням неодноразовості його якісних та кількісних характеристик у часі та просторі. Усереднену пробу лушпиння отримують змішуванням кількох

разових проб, що були відібрані одночасно у різних місцях маси лушпиння або взяті в одному місці через певні проміжки часу.

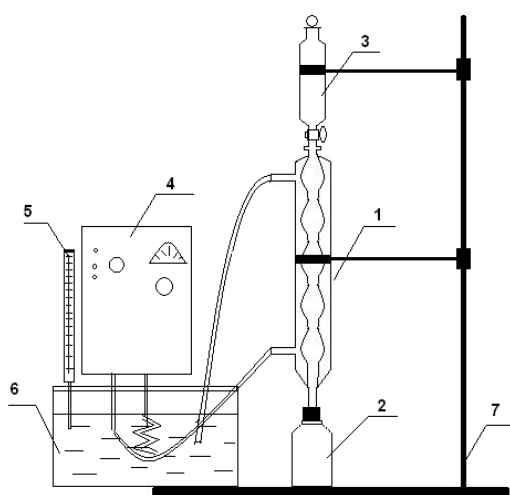
Системи розробки ВКСЛ у якості нової сировини природного походження мають складові дослідження: 1) ієрархія процесів та методів використання відходів олієдобувної та олієпереробної галузей з метою утилізації відходів переробки олієжирової галузі; 2) ієрархія можливостей асортименту широкого застосування ВКСЛ у різних галузях промисловості; 3) ієрархія розробки практичних рекомендацій технології вилучення і застосування ВКСЛ з вторинної сировини олієжирової галузі АПК України.

Приклади і задачі дослідження при виконанні наукової роботи зв'язані пошуком та обґрунтуванням за загальною схемою досліджень (табл. 1). Дослідження об'єктів з вибору технології вилучення рослинних ВКСЛ треба проводили за схемою вибору ієрархії визначення властивостей складових технологічних процесів, їх параметрів та обробки експериментальних даних методами математичного моделювання.

Таблиця 1 – Загальна схема дослідження технології вилучення ВКСЛ

№	Класифікація-ідентифікація властивостей ВКСЛ
1	Аналіз стану обґрунтування складових класифікації-ідентифікації наукового завдання – одержання воскоподібних компонентів соняшникового лушпиння (ВКСЛ).
2	Вдосконалення та розробка загальної експериментальної методики дослідження та аналізу за темою одержання ВКСЛ.
3	Вибір та дослідження об'єктів наукового завдання з одержання воскоподібних компонентів соняшникового лушпиння.
4	Вибір оптимального розчинника для процесу екстракції ліпідів з соняшникового лушпиння.
5	Визначення впливу розрахункових параметрів на процес екстракції – співвідношення розчинник : лушпиння.
6	Дослідження впливу тривалості виморожування воскоподібних компонентів з розчину на температуру кристалізації одержаних ВКСЛ.
7	Дослідження впливу температури кристалізації воскоподібних компонентів з розчину на вихід воскоподібних компонентів соняшникового лушпиння.
8	Дослідження фізико-хімічних показників вилучених воскоподібних компонентів соняшникового лушпиння.
9	Аналіз складу вилучених воскоподібних компонентів соняшникового лушпиння за допомогою методу ІЧ спектроскопії.
10	Дослідження складу отриманих воскоподібних компонентів соняшникового лушпиння методом хроматографії.
11	Диференціальна скануюча калориметрія як спосіб визначення для отриманих ВКСЛ характерних температурних переходів і кількості теплоти, що виділяється або поглинається під час теплофізичних процесів або хімічних реакцій.

Методика вилучення воскоподібних компонентів з соняшникового лушпиння методом перколяції була запропонована Національним технічним університетом «Харківський політехнічний інститут». Методика базується на властивості органічного розчинника екстрагувати ліпідні компоненти з соняшникового лушпиння. Наважку соняшникового лушпиння близько 15 г (неподрібнену), завантажуюємо у холодильник Лібіха. Набиваючи, щільно притискаємо, аби сировина якомога краще в подальшому просякла розчинником. Під'єднуємо до холодильника термостат з термометром, який встановлюємо у режимі циркуляції води при $T_v = 56\text{ }^\circ\text{C}$. Такої температури достатньо аби обігріти сировину, та уникнути закипання розчинника (гексану) [2]. Витримуємо у такому стані 1 годину. За цей час лушпиння повністю прогріється, що дозволить більш повно вилучити воскоподібні компоненти з нього (рис. 1). Приливаємо розчинник (гексан). Встановлюємо швидкість краплепадіння 12 мл/хв. Контролюємо час початку екстракції.



а

б

Рис. 1. Лабораторна установка для одержання ліпідних речовин з соняшникового лушпиння (а – графічне зображення; б – установка в лабораторії): 1 – холодильник; 2 – склянка для збору міцели; 3 – крапельна воронка з розчинником; 4 – термостат; 5 – термометр; 6 – резервуар для циркуляції води; 7 – штатив

Початком екстракції вважаємо час, коли стовпчик лушпиння повністю змочився розчинником, і перша крапля його потрапила у склянку-приймник.

Проводимо екстракцію при температурі $54\text{--}57\text{ }^\circ\text{C}$ протягом 2, 3 та 4 годин. Після закінчення процесу екстракції отриману міцелу відфільтровуємо через фільтрувальний папір в гарячому стані для очищення від сміттєвих домішок. Далі проводимо кристалізацію воскоподібних компонентів з міцели при температурі $4\text{--}8\text{ }^\circ\text{C}$ протягом 4 год. Отримані кристали воску відокремлюємо за допомогою фільтрувального паперу.

Залишок на фільтрі доводимо до постійної маси. Просушуємо воскоподібні компоненти та зважуємо отримані речовини. Установка для проведення екстракції наведена на рис. 1 (а, б).

Диференціальна скануюча калориметрія (ДСК) – метод, заснований на вимірюванні різниці теплових потоків, які йдуть від випробуваного зразка і зразка порівняння. Одержана інформація дозволяє визначати характер процесів, що протікають і характеризувати властивості випробуваного матеріалу. ДСК дозволяє виміряти характерні температури і кількість теплоти, що виділяється або поглинається під час теплофізичних процесів або хімічних реакцій, що відбуваються в зразках твердих тіл і рідин при їх контрольованому нагріванні або охолодженні. ДСК є найбільш часто використовуваним методом в термічному аналізі. Дослідження кристалічної структури воскоподібних компонентів, вилучених з соняшникового лушпиння методом перколяції, та їх температуру плавлення визначали за допомогою методу диференційної скануючої калориметрії (ДСК метод).

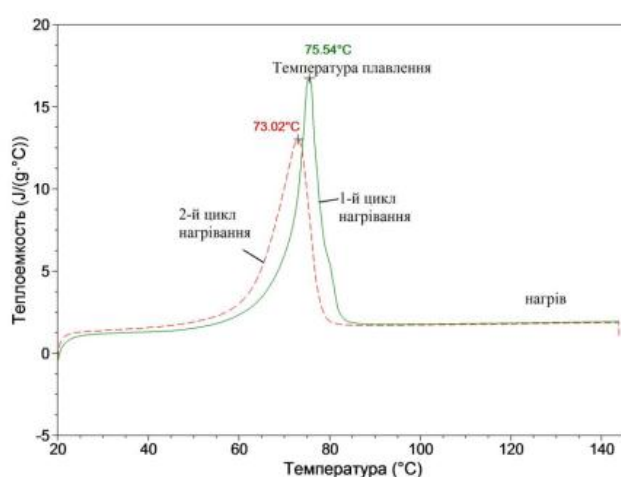


Рис. 2. Дані ДСК аналізу ВКСЛ при нагріванні зразка

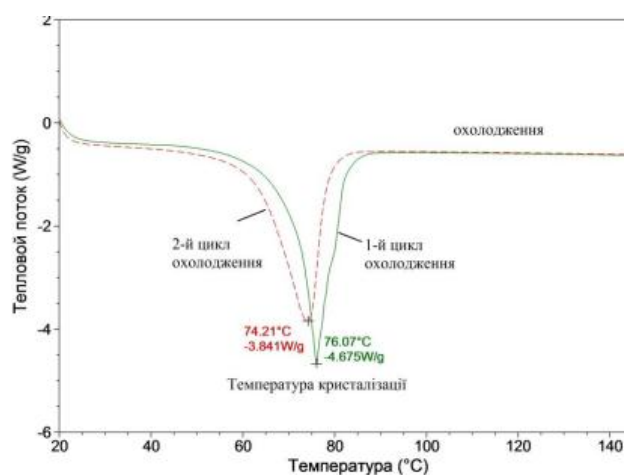


Рис. 3. Дані ДСК аналізу ВКСЛ при охолодженні зразка

На рис. 2, 3 зображені ДСК криві дослідження ВКСЛ з метою фіксування температури фазового переходу. Як при нагріванні (рис. 2), так і при охолодженні (рис. 3) зразка ВКСЛ, спостерігається чітке визначення одного піку, що може свідчити про однорідність структури даного зразка, а саме, відсутності домішок, що відрізняються за структурним станом. За даними ДСК аналізу видно, що воскоподібні компоненти, одержані в результаті запропонованого методу (методу перколяції) з соняшникового лушпиння, плавляться та кристалізуються у вузькому діапазоні температур, а саме, температура плавлення фіксується при першому циклі нагрівання в межах 75 °С, при повторному циклі – 73 °С, температура кристалізації – 76 °С та 74 °С відповідно до циклів охолодження. ДСК аналіз не виявив суттєвих різниць між першим та повторним нагріванням.

Експериментально нами встановлена можливість впровадження одержаних ВКСЛ у продукти косметичного призначення, а саме у якості

рецептурного компоненту гігієнічного бальзаму для губ, замінюючи парафін та карнаубський віск на ВКСЛ.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

1) За результатами досліджень випробування ВКСЛ – рецептурного компоненту глянцевої суміші кондитерського драже проведено промислові випробування на діючих виробництвах ТОВ «Стимул». 2) За результатами досліджень проведено дослідно-промислові випробування гігієнічного бальзаму для губ з отриманим рецептурним компонентом ВКСЛ на діючих виробництвах ТОВ «Еліксір». 3) Проведені дослідження з використання ВКСЛ у якості модифікатора властивостей еластомерних і полімерних матеріалів [5] та інших галузях [1, 2, 6, 7]. 4) Результати роботи готуються до впроваджені у навчальний процес кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів НТУ «ХП» при викладанні дисциплін «Загальна технологія харчових виробництв» [7, 8].

Література

1. Руднева Л.Л., Бухкало С.І. Деякі можливості комплексної переробки рослинної сировини / Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП», 2014. Вип. 16. С. 105–112.

2. Руднева Л.Л., Бухкало С.І. Расширение возможностей комплексной переработки растительного сырья. Оралдын гылым жаршысы. Уральск: «Фирма Сервер+», 2015. № 5 (136). С. 33–39.

3. Руднева Л.Л., Бухкало С.І. Химико-технологические процессы утилизации растительных восков / Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности [Текст]: сб. н. трудов Межд. н-техн. конф., 105-летие со дня рождения А.Н. Плановского (8–9 сентября 2016 г.). Т. 2. М.: ФГБОУ ВО МГУДТ, 2016. – С. 185–188.

4. Руднева Л. Л., Бухкало С. І. Складові використання та дослідження відходів переробки насіння соняшника. // Інформаційні технології, техніка, технологія, освіта та здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2017, 17–19.05.2017, ч. III, Х., НТУ «ХП», с. 53.

5. Руднева Л.Л., Бухкало С.І., Лакіза О.В., Черваков О.В. Рослинні воски як модифікатори властивостей еластомерних і полімерних матеріалів. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2021, №1, – С. 90–100.

6. Бухкало С.І., Руднева Л.Л. Медико-біологічні аспекти безпеки застосування рослинних матеріалів у стоматології. Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти: матеріали II Міжн. науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р. / ред. колегія А.В. Кіпенський, О.В. Білоус [та ін.]. – Харків : Друкарня Мадрид, 2021. – 337 с.

7. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К. : «Центр учбової літератури», 2014. 456 с.

8. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести) [текст] підручник. – К. : «Центр учбової літератури», 2018. 108 с.