

І. О. Лаврова, канд. техн. наук, доцент, М. І. Грубник, аспірант,
В. В. Владимиренко, PhD, асистент, А. Г. Корягін, канд. хім. наук, доцент,
С. І. Авіна, канд. техн. наук, доцент

ПРИРОДНІ ВОСКИ ЯК СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРИРОДНИХ, ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТА БІОРОЗКЛАДНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

Ключові слова: віск бджолиний, гірський віск, карнаубський віск, композити, екстракти, біологічно активні речовини, антибактеріальна дія.

Вступ. Останнім часом у всьому світі яскраво проявився тренд на використання природних восків у сфері виготовлення композитних пакувальних та захисних матеріалів для хімічної, харчової та фармацевтичної промисловості, які характеризуються екологічною безпечністю та здатністю до біорозкладання. [1]. Гірський віск, озокерит та бджолиний віск – це унікальні природні ресурси України. Тому вивчення фізико-хімічних властивостей та структури цих органічних речовин мають вагомe значення у створенні хімічних технологій їх переробки [2, 3].

Актуальність даної роботи обумовлена втратами продуктів харчування, спричиненими мікробіологічним псуванням. Втрати і псування харчової продукції нині є нагальною проблемою розробки стійких продовольчих систем. Вони надають негативний вплив на продовольчу безпеку та значною мірою сприяють викиду парникових газів, забрудненню навколишнього середовища, деградації природних екосистем та втраті біорізноманіття, а також є нераціональним використанням ресурсів, що використовуються у харчових технологіях.

Запобігання втратам і псуванню харчової продукції є завданням, яке було визначено в рамках узгоджених на міжнародному рівні цілей у галузі сталого розвитку. Відповідаючи за її реалізацію, Програма ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) вимірює та відстежує прогрес у справі щодо скорочення втрат та псування харчової продукції за допомогою Глобального індексу втрат та псування харчової продукції [4].

Антимікробна упаковка харчових продуктів має на меті зменшити або пригнічити ріст мікроорганізмів, що спричиняють псування, або патогенів, які можуть бути присутніми в самому продукті або пакувальному матеріалі. Необхідно обмежити ріст мікробів на всіх етапах – від транспортування до кінцевого споживання. Цей тип упаковки досяг значного прогресу за останні роки завдяки зростаючому попиту на безпеку харчових продуктів, гігієну та збереження [5].

Об'єктом дослідження були зразки карнаубського воску, бджолиного воску та екстрагований гірський віск з бурого вугілля Александрійського родовища.

Результати дослідження

Карнаубський віск. Його добувають із листя пальми *Copernicia Cerifera*. Це дерево росте берегами річок у північно-східних районах Бразилії, досягаючи середньої висоти 25–35 метрів. Віск отримують із держаків її віялового листя, він запобігає зне-

водненню дерева в екваторіальному кліматі. Збір листя й пагонів відбувається під час сухого періоду з вересня до лютого. Обрізані листя сушаться на сонці та механічно оббиваються, щоб видалити сирий віск. Цей неочищений віск, у формі порошку, переноситься з сільської місцевості та продається для вантажовідправників на експорт.

Карнаубський віск містить переважно складні ефіри: жирних кислот (80–85 %), жирні спирти (10–15 %), кислоти (3–6 %) і вуглеводні (1–3 %). Специфічним для карнаубського воску є вміст етерифікованих жирних діалкоголей (майже 20 %), гідроксильованих жирних кислот (приблизно 6 %), коричневої кислоти й антиоксидантів (приблизно 10 %) [6].

Зовнішній вигляд воску – тверді тендітні пластівці, пластинки, порошок. Властивості: ножем не ріжеться – розсипається, на зламі твердий, за кімнатної температури крихкий. Колір від блідо-жовтого до глибокого золотого. Ця різниця є результатом віку дерева, що дав урожай і умов його розвитку. Запах: без запаху або слабкий солодкуватий. Питома вага: 0,999. Температура плавлення: 82–91 °С, розм'якшується за 40–45° Число омилення: 78–89. Неомильна фракція складає 50–55 % [7]. Розчинний в рослинних оліях.

Сфери застосування: Карнаубський віск - найтвердіший і найстійкіший (температура плавлення +83...+91 °С) з восків рослинного та тваринного походження. Через свої гіпоалергенні та пом'якшувальні властивості, а також свій блиск, карнаубський віск застосовується як інгредієнт для багатьох косметичних сумішей, де він використовується як загусник у різноманітних препаратах. Також використовується в медицині як покриття лікарських препаратів у формі таблеток.

Він не токсичний, тому широко застосовується для створення глясових покриттів в автомобільному воску, лаках для взуття, зубних ниток, харчових продуктах. Він є основним інгредієнтом у поєднанні з кокосовою олією для покриття фруктів для транспортування на далекі відстані, бо має чудову ізолюючу дію.

Спосіб використання: розплавити перед застосуванням, додавати в жирну фазу продуктів, що потребують емульгування. Для того, щоб використовувати карнаубський віск у рецепті, він має бути нагрітий до вищої температури, ніж температура плавлення. Якщо треба замінити бджолиний віск карнаубським, його концентрація в рецепті має бути приблизно вдвічі меншою. Карнаубський віск під час використання в бальзамах для губ або стиках, змішаних з оліями та батерами: загущує й підвищує температуру плавлення й плівкоутворювальні властивості. Якщо використовувати його в поєднанні з іншими восками (канделельський, бджолиний) у стиках, помадах і олівцях, продукт стане щільнішим і покращиться зовнішній вигляд. У разі додавання до крему, треба враховувати, що карнаубського воску потрібно не більш ніж 3 %, він загустить емульсію та підвищить її стабільність і плівкотворну здатність. При надлишку цього воску в рецептурі, може робити продукти занадто крихкими. Крихкість – його головний недолік.

Карнаубський віск сумісний із більшістю тваринних, рослинних і мінеральних восків і великою кількістю природних і синтетичних смол та олій.

Сирий гірський віск (монтан-віск або бітум А), видобуваний екстракцією органічними розчинниками (бензин, спиртобензолна суміш, чистий бензол та інші) з бітумінозного бурого вугілля, – складна суміш природних восків і воскових смол.

Зовнішній вигляд воску – литі кубики або пірамідки брунатного кольору, не має специфічного запаху або має легкий торфяний аромат, твердий, має велику кількість

кристалітних ділянок в аморфній структурі, пластичність – більше, ніж у карнаубського, але менше, ніж у бджолиного.

На даний час найбільший виробник восків у світі – Німеччина – випускає до 50 тис. т восків на рік, що становить понад 80 % світового виробництва. Гірський віск та його модифікації мають ряд цінних властивостей (волого- та кислотостійкість, низька електропровідність та ін.) і є незамінними при виготовленні захисних композицій для різних покриттів, у паперовій, шкіряній промисловості, у косметичці, медицині, у побутовій хімії та багатьох інших областях.

Вважається, що для прийнятної економічної ефективності процесу сировина повинна мати бітумінозність вище 6–6,5 %. Серед вітчизняних родовищ бурого вугілля таким вимогам відповідає Александрійське буровугільне. Характеристики гірського воску, отриманого у лабораторних умовах з вугілля цього басейну екстракцією бензино-бензольною сумішшю в горизонтальному екстракторі багаторазового занурення наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики екстрагованого гірського воску і параметри процесу

Показники	Температура екстракції, °С	
	68	70
Режимно-технологічні параметри		
Співвідношення вугілля : розчинник	1 : 5	1 : 6
Час екстракції, хв.	15	20
Характеристика сировини і продукту		
Вміст вологи в бурому вугіллі, %	12	17
Вихід бітуму з сухого вугілля, %	7,0	8,2
Фракційний склад вугілля, мм	0,2–1,9	0,2–2,5
Вихід воску, % від ресурсу	72	84
Температура краплепадіння, °С	82	84
Кількість неомилюваних сполук воску, %	19	20

Технологічний процес отримання восків зводиться до дроблення вугілля до фракції крупністю 0,1–3,5 мм, наступному сушінні до залишкової вологості ~20 %, обробці вугілля розчинником (бензином або бензолом) і відгону розчинника з одержанням цільового товарного продукту. Проекстраговане вугілля після пропарювання може прямувати на брикетування або використовуватись в енергетиці.

Перспективні екстракти можна отримати із попередньо проалкілюваного вугілля. Для бурого вугілля характерна невпорядкованість структури та підвищений вміст кисневмісних функціональних груп. Алкілювання спиртами кисневмісних функціональних груп є ефективним способом руйнування міжмолекулярних взаємодій в органічній масі твердих горючих копалин та збільшення їх розчинності за м'яких умов ведення процесу [8].

Алкілювання вугілля проводиться н-бутанолом у присутності н-гептану та ортофосфорної кислоти ($w=79.9\%$, $\rho=1.626\text{ г/см}^3$) при температурі кипіння суміші 98–

103 °С. По завершенні процесу з вугільної маси, що залишилася, спирто-бензолом (1:1) за методом Грефе, екстрагуються залишкові воски та смоли.

Результаті реального експерименту (5 г вугілля; 69.75 мл н-бутанолу, н-гептану 100 мл, 9.8 % (18.3 мл) ортофосфорної кислоти, тривалість процесу алкілювання 6 год), середній вихід (на горючу масу вугілля) склав: бітумів \approx 44%, восків \approx 16.7 %, смол \approx 27.3 % (табл.2). Розбіжність реального експерименту з розрахунковим значенням знаходиться в межах рівня значущості $\alpha = 0.05$.

Таблиця 2 – Результати лабораторного алкілювання

№ експ.	Вміст, %		
	Воски	Смоли	Сумарно бітуму А
1	16,5	27,5	44
2	16,7	27,3	44
3	17	27,3	44,3

У бітумах та їх фракціях, отриманих з алкілюваного під впливом ультразвуку бурого вугілля, з найбільшим відносним вмістом ідентифіковані жирні ка-рбонові кислоти представлені у вигляді бутилових етерів. Серед речовин, ідентифікованих у цих фракціях, присутні такі біологічно активні речовини, як: Sugiол – метаболіт рослин, має противірусну та протипухлинну активність; Ferruginol – метаболіт рослин, має протипухлинні властивості, антибактеріальну активність. Деякі дослідники відмічають, що ця речовина демонструє зменшення пухлини товстої кишки, молочної залози, легень та зменшення кількості транс-формованих онкогенами клітин. Behenic alcohol – має противірусну активність; Lupeol – метаболіт рослин, має протипухлинну і протизапальну дію; Betulin – має противірусну активність, властивості анальгетика, протизапальну та проти-пухлинну дію. Також варто зазначити, що елюювання етанолом дозволило витягти ряд фракції з високим відносним вмістом Oleic acid – до 75.8 %, яка також є БАР [9].

Таким чином, доведена можливість отримання буровугільного воску з високим виходом та покращеною якістю, що полягає в попередній обробці бурого вугілля соляною кислотою та подальшому екстрагуванні бензином. За своїми фізико-хімічними характеристиками отриманий віск наближається до рослинних восків, наприклад карнаубського воску. Проте, він значно багатший на біологічно активні речовини.

Серед речовин, ідентифікованих у цих фракціях, присутні такі біологічно активні речовини, як: Sugiол – метаболіт рослин, має противірусну та протипухлинну активність; Ferruginol – метаболіт рослин, має протипухлинні властивості, антибактеріальну активність. Деякі дослідники відмічають, що ця речовина демонструє зменшення пухлини товстої кишки, молочної залози, легень та зменшення кількості трансформованих онкогенами клітин. Behenic alcohol – має противірусну активність; Lupeol – метаболіт рослин, має протипухлинну і протизапальну дію; Betulin – має противірусну активність, властивості анальгетика, протизапальну та протипухлинну дію.

Це останнє робить отриманий екстракт гірського воску перспективною сировиною для фармацевтичної технології, космецевтики та медицини.

Бджолиний віск належить до складних речовин природного походження. Колір і запах воску обумовлюються вмістом у ньому незначних кількостей барвників та ароматичних речовин. Колір і запах воску обумовлюються вмістом у ньому незначних кількостей барвників та ароматичних речовин.

Віск зазвичай забарвлений у жовтий колір, від світло-жовтого та навіть білого до темно-жовтого, коричневого. Іноді зустрічаються сорти воску помаранчевого, зеленого кольору. Колір воску залежить від низки чинників. По-перше, білий віск, що виділяється організмом бджоли, забарвлюється жовтим від розчинення в ньому приполюсної смоли. Фарбувальна речовина прополісної смоли є хризином, який має запах прополісу і жовтий колір. По-друге, жовтий барвник екстрагується з деяких видів перги, стикаючись з якою віск набуває жовтого або помаранчевого забарвлення.

Нормальний бджолиний віск повинен мати приємний медовий запах, який обумовлений присутністю ефрних олій, що переходять у віск із пилку. За запахом різні сорти його відрізняються один від одного. Іноді віск має запах хвої, кмину та інших рослин [10].

До його складу входять: вільні жирні кислоти 13,5–15,0 %; складні ефіри 70,4–74,7 %; насичені вуглеводи 12,5–15,5 %. Вільні жирні кислоти становлять групу ні з чим не пов'язаних жирних кислот. До них відносяться одноосновні насичені кислоти. Кількість вільних жирних кислот, що містяться у воску, зазвичай виражають кислотним числом. Складні ефіри представляють речовини, утворені з жирних кислот та спиртів. Бджолиний віск складається в основному з мирицилового ефіру пальмітинової кислоти. До складу складних ефірів, крім пальмітинової кислоти ($C_{16}H_{32}O_2$), що плавиться при 62 °С, входять ще мелісинова ($C_{30}H_{60}O_2$) та інші, а також кислоти олеїнового ряду [11]. На відміну від вільних жирних кислот тут кислоти пов'язані з високомолекулярними одноатомними спиртами, такими, наприклад, як мирициловий (мелісиновий, температура плавлення 87 °С), цериловий (температура плавлення 80 °С), монтановий (температура плавлення 84 °С) [12]. Тому жирні кислоти у складних ефірах втратили свою активність. Зв'язок жирних кислот із спиртами не дуже міцний. При кип'ятінні з лугом складні ефіри омиляються, розкладаються з виділенням солей жирних кислот та одноатомних спиртів

Кількість складних ефірів у воску виражають показником – ефірним числом, яке разом із кислотним числом надає допомогу в оцінці якості бджолиного воску та розпізнавання його фальсифікації. Ефірним числом називають кількість міліграмів їдкового калію, необхідне для омилення складних ефірів і нейтралізації вільних жирних кислот, що виділилися при цьому, що містяться в г воску.

Вивчення термічних властивостей (плавлення та кристалізація) проводилось за допомогою диференційної скануючої калориметрії (ДСК), а визначення кристалічної структури і наявності кристалічних включень в аморфній масі – за допомогою рентгеноструктурного аналізу (РСА). Отримані дані наведені на рис. 1.

У випадку гірських і природних восків РСА дозволяє виявити наявність кристалічних фаз, визначити їх тип (наприклад, орторомбічний, гексагональний) і оцінити ступінь кристалічності. Це важливо для розуміння їх фізико-хімічних властивостей, таких як температура плавлення, механічна міцність та поведінка при змішуванні з іншими матеріалами. Так, віск із високою кристалічністю має чіткі дифракційні піки, тоді як аморфні компоненти дають розмиті максимуми.

Отримані температури плавлення: гірський віск: 60–80 °С, бджолиний: близько 63 °С, карнаубський: 85 °С. Кристалічна структура: РСА показав часткову кристалічність та розміри кристалітів у всіх досліджених зразків.

Порівняння фізико-хімічних властивостей досліджуваних восків наведено в табл. 1.

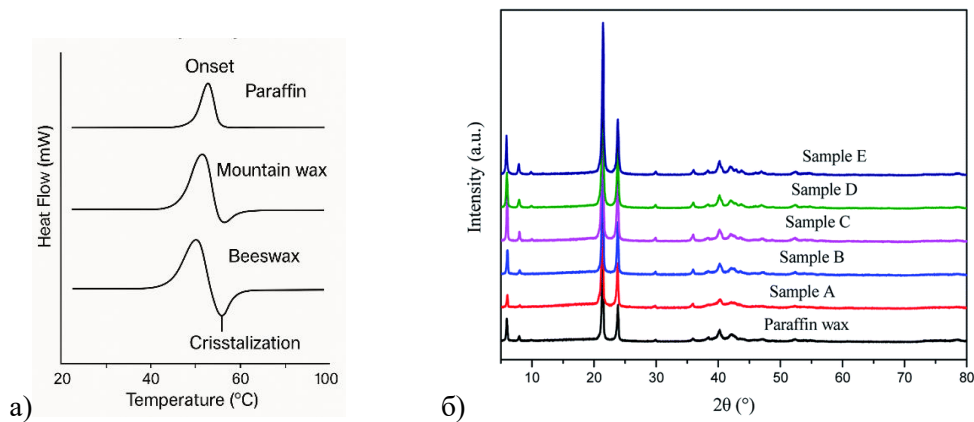


Рисунок 1 – Дані термограми (а) та рентгеноструктурного аналізу (б) досліджуваних восків

Таблиця 1 – Фізико-хімічні властивості досліджуваних восків

Зразки воску	Кислотне число, мг КОН/г	Число омилення	Ефірне число
Бджолиний віск	18	92	74
Гірський віск	52	105	52
Карнаубський віск[6]	4	77	73

Висновки. Для подальшого дослідження і розробки технології створення матеріалів на основі восків для промислового застосування найбільшу цікавість викликали натуральний бджолиний віск та гірський віск, екстрагований з бурого вугілля українських родовищ. Проте, рентабельність використання гірського воску значно нижче через фактичну відсутність в Україні програми комплексної переробки бурого вугілля. Тому він лишається перспективним продуктом, а от бджолиний віск вже зараз може бути використаний як сировина для виробництва.

Бджолиний віск – природний біоматеріал із унікальними бар’єрними, антимікробними та термопластичними властивостями, що робить його перспективним для пакування харчових продуктів. Його хімічний склад забезпечує гідрофобність, механічну міцність і біорозкладність. Віск ефективно поєднується з біополімерами (желатин, хітозан, PLA), утворюючи композитні плівки з покращеними властивостями. В Україні, завдяки розвинутому бджільництву, існує значний потенціал для виробництва воску, який відповідатиме міжнародним стандартам.

Бджолиний віск може бути екологічною альтернативою традиційним пакувальним матеріалам. Його використання здатне зменшити обсяг пластику та створювати функціональні антисептичні покриття.

Література

1. Chaudhary P. et al. Beeswax-based food packaging: A natural alternative. *Food Control*. 2021. 130. 108359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108359>.

2. Yudina Y. V., Hrubnyk I. M., Hrubnyk M. I., Ohanesian I. G., Baillie L., Mikhlovsky S., Nurzhanova M. A. Development of eco-friendly packaging based on bees products and plant extracts and evaluation of its antibacterial potential. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2025. 32(4). P. 958–968. <http://chemistry.dnu.dp.ua/article/view/308049>.

3. Шустов О. О., Белов О. П., Адамчук А. А. Перспективи комплексного освоєння родовищ бурого вугілля України з метою отримання буровугільного воску. *Сучасні технології переробки паливних копалин: тези доп. 6-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 11–12 квітня 2023 р. Харків : НТУ «ХП», 2023. С. 65–72.*

4. Програма ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП). *Welfare.green*. URL: <https://welfare.green/docs/tips-guides/donori-ta-finansovi-organizacii/programa-oon-z-navkolishnogo-seredovishha-yunep/>.

5. Юдіна Ю. В., Грубник І. М., Соломенний А. М., Єременко Н. Б., Конопольський Д. О., Поліщук М. В. Бджолиний віск як компонент екологічного пакування харчових продуктів у військовому забезпеченні: сучасний стан та перспективи. *Ukrainian Journal of Military Medicine*. 2025. 6(4). С. 189–204. DOI: [https://doi.org/10.46847/ujmm.2025.4\(6\)-189](https://doi.org/10.46847/ujmm.2025.4(6)-189).

6. Віск карнаубський. *Фармацевтична енциклопедія*. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1770/visk-karnaubskij>.

7. Грубник М. І., Владимиренко В. В., Лаврова І. О., Грубник В. І. Технологічні аспекти виробництва гірського воску з бурого вугілля Александрійського родовища з метою отримання сировини для хімічної та фармацевтичної промисловості. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2026. № 1. С. 84–90. DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2026.1.08>.

8. Лаврова І., Грубник М., Грубник В. Деякі технологічні аспекти отримання необробленого гірського воску. *Сучасні технології переробки паливних копалин: тези доп. 8-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 16–17 квітня 2025 р. Харків : НТУ «ХП», 2025. С. 89–90.*

9. Грубник М. І., Лаврова І. О., Грубник В. І. Гірський воск з бурого вугілля Александрійського родовища як сировина для отримання біологічно активних речовин. *Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика: матеріали 5-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 28–29 листопада 2024 р. Харків, 2024. С. 177–178.*

10. Віск білий. *Фармацевтична енциклопедія*. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1768/visk-bilij>.

11. Giannola L. I., De Caro V., Rizzo M. C. Preparation of white bees wax microspheres loaded with valproic acid and kinetic study of drug release. *Drug Development and Industrial Pharmacy*. 1995. No. 21.

12. Griffin E. N., Niebergall P. J. Release kinetics of a controlled-release multiparticulate dosage form prepared using a hot-melt fluid bed coating method. *Pharmaceutical Development and Technology*. 1999. No. 4(1).

Bibliography (transliterated)

1. Chaudhary P. et al. Beeswax-based food packaging: A natural alternative. *Food Control*. 2021. 130. 108359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108359>.

2. Yudina Y. V., Hrubnyk I. M., Hrubnyk M. I., Ohanesian I. G., Baillie L., Mikhlovsky S., Nurzhanova M. A. Development of eco-friendly packaging based on bees products and plant extracts and evaluation of its antibacterial potential. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2025. 32(4). P. 958–968. <http://chemistry.dnu.dp.ua/article/view/308049>.

3. Shustov O. O., Bielov O. P., Adamchuk A. A. Perspektyvy kompleksnoho osvoinnia rodovyshch buroho vuhillia Ukrainy z metoiu otrymannia burovuhilnoho vosku. Suchasni tekhnolohii pererobky palnykh kopalyn: tezy dop. 6-yi Mizhnar. nauk.-tekhn. konf., 11–12 kvitnia 2023 r. Kharkiv : NTU «KhPI», 2023. P. 65–72.

4. Prohrama OON z navkolyshnoho seredovishcha (IuNEP). *Welfare.green*. URL: <https://welfare.green/docs/tips-guides/donori-ta-finansovi-organizacii/programa-oon-z-navkolishnogo-seredovishha-yunep/>.

5. Yudina Yu. V., Hrubnyk I. M., Solomennyi A. M., Yeremenko N. B., Konopolskyi D. O., Polishchuk M. V. Bdzholynyi visk yak komponent ekolohichnoho pakuvannia kharchovykh produktiv u viiskovomu zabezpechenni: suchasnyi stan ta perspektyvy. *Ukrainian Journal of Military Medicine*. 2025. 6(4). P. 189–204. DOI: [https://doi.org/10.46847/ujmm.2025.4\(6\)-189](https://doi.org/10.46847/ujmm.2025.4(6)-189).

6. Visk karnaubskiy. *Farmatsevychna entsyklopediia*. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1770/visk-karnaubskij>.

7. Hrubnyk M. I., Vladymyrenko V. V., Lavrova I. O., Hrubnyk V. I. Tekhnolohichni aspekty vyrobnytstva hirskoho vosku z buroho vuhillia Aleksandriiskoho rodovyshcha z metoiu otrymannia syrovyny dlia khimichnoi ta farmatsevychnoi promyslovosti. *Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberezhennia*. 2026. No. 1. P. 84–90. DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2026.1.08>.

8. Lavrova I., Hrubnyk M., Hrubnyk V. Deiaki tekhnolohichni aspekty otrymannia ne-obrobenoho hirskoho vosku. Suchasni tekhnolohii pererobky palnykh kopalyn: tezy dop. 8-yi Mizhnar. nauk.-tekhn. konf., 16–17 kvitnia 2025 r. Kharkiv : NTU «KhPI», 2025. P. 89–90.

9. Hrubnyk M. I., Lavrova I. O., Hrubnyk V. I. Hirskiy vosk z buroho vuhillia Aleksandriiskoho rodovyshcha yak syrovyna dlia otrymannia biolohichno aktyvnykh rechovyn. *Avtomatyzatsiia, elektronika, informatsiino-vymiriuvalni tekhnolohii: osvita, nauka, praktyka: materialy 5-yi Mizhnar. nauk.-tekhn. konf.*, 28–29 lystopada 2024 r. Kharkiv, 2024. P. 177–178.

10. Visk bilyi. *Farmatsevychna entsyklopediia*. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1768/visk-bilij>.

11. Giannola L. I., De Caro V., Rizzo M. C. Preparation of white bees wax microspheres loaded with valproic acid and kinetic study of drug release. *Drug Development and Industrial Pharmacy*. 1995. No. 21.

12. Griffin E. N., Niebergall P. J. Release kinetics of a controlled-release multiparticulate dosage form prepared using a hot-melt fluid bed coating method. *Pharmaceutical Development and Technology*. 1999. No. 4(1).

УДК 665.6

І. О. Лаврова, канд. техн. наук, доцент, М. І. Грубник, аспірант, В. В. Владимиренко, phd, асистент, А. Г. Корягін, канд. хім. наук, доцент,
С. І. Авіна, канд. техн. наук, доцент

ПРИРОДНІ ВОСКИ ЯК СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРИРОДНИХ, ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТА БІОРОЗКЛАДНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

У даній роботі наведено результати аналізу літературних джерел та проведених досліджень щодо можливостей використання природних восків у композитах для про-

сочування пакувальних матеріалів з метою підвищення їх споживацьких якостей – збільшення антимікробної та захисної дії.

Актуальність теми досліджень обумовлена світовими втратами продуктів харчування, спричиненими мікробіологічним псуванням. Антимікробна упаковка харчових продуктів має на меті зменшити або пригнічити ріст мікроорганізмів, що спричиняють псування, або патогенів, які можуть бути присутніми в самому продукті або пакувальному матеріалі. Необхідно обмежити ріст мікробів на всіх етапах — від транспортування до кінцевого споживання. Цей тип упаковки досяг значного прогресу за останні роки завдяки зростаючому попиту на безпеку харчових продуктів, гігієну та збереження.

У роботі досліджено фізико-хімічні та технологічні властивості трьох природних восків з точки зору можливості їх використання в композитах для пакувальних матеріалів. Вивчено їх хімічний склад на предмет наявності біогенних речовин та сполук, що носять явно виражений антибактеріальний характер.

Доведено, що найбільш перспективними в цьому сенсі виявились бджолиний віск та екстрактивний гірський віск. Проте, з техніко-економічних міркувань (а саме через фактичну відсутність промислового виробництва гірського воску), перевагу слід віддати бджолиному воску. Це природний біоматеріал із унікальними бар'єрними, антимікробними та термопластичними властивостями, що робить його перспективним для пакування харчових продуктів. Його хімічний склад забезпечує гідрофобність, механічну міцність і біорозкладність. Віск ефективно поєднується з біополімерами (желатин, хітозан, PLA), утворюючи композитні плівки з покращеними властивостями. В Україні, завдяки розвинутому бджільництву, існує значний потенціал для виробництва воску, який відповідатиме міжнародним стандартам.

Бджолиний віск може бути екологічною альтернативою традиційним пакувальним матеріалам. Його використання здатне зменшити обсяг використання синтетичних полімерів та створювати функціональні антисептичні покриття.

Ключові слова: віск бджолиний, гірський віск, карнаубський віск, композити, екстракти, біологічно активні речовини, антибактеріальна дія.

I. O. Lavrova, M. I. Hrubnyk, V. V. Vladymyrenko, A. G. Koriahin, S. I. Avina

NATURAL WAXES AS RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF NATURAL, ECOLOGICALLY SAFE AND BIODEGRADABLE PACKAGING MATERIALS

In this paper, the results of an analysis of literature sources and conducted studies regarding the possibilities of using natural waxes in composites for the impregnation of packaging materials are presented, with the aim of increasing their consumer qualities – enhancing antimicrobial and protective action.

The relevance of the research topic is determined by global food losses caused by microbiological spoilage. Antimicrobial food packaging aims to reduce or suppress the growth of microorganisms that cause spoilage, or pathogens that may be present in the product itself or the packaging material. It is necessary to limit microbial growth at all stages – from transportation to final consumption. This type of packaging has achieved significant progress in recent years due to the growing demand for food safety, hygiene, and preservation.

In the work, the physicochemical and technological properties of three natural waxes were investigated from the perspective of the possibility of their use in composites for packaging materials. Their chemical composition was studied for the presence of biogenic substances and compounds that carry a clearly expressed antibacterial character.

It has been proven that the most promising in this sense turned out to be beeswax and extractive mountain wax (montan wax). However, for technical and economic reasons (namely, due to the actual absence of industrial production of mountain wax), preference should be given to beeswax. It is a natural biomaterial with unique barrier, antimicrobial, and thermoplastic properties, which makes it promising for food packaging. Its chemical composition provides hydrophobicity, mechanical strength, and biodegradability. The wax effectively combines with biopolymers (gelatin, chitosan, PLA), forming composite films with improved properties. In Ukraine, thanks to developed beekeeping, there is a significant potential for the production of wax that will meet international standards.

Beeswax can be an ecological alternative to traditional packaging materials. Its use is capable of reducing the volume of synthetic polymer usage and creating functional antiseptic coatings.

Keywords: beeswax, mountain wax, carnauba wax, composites, extracts, biologically active substances, antibacterial effect.

Отримано редколегією 24.02.2026

Лаврова Інна Олегівна (Inna Lavrova), канд. техн. наук, доцент Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», <https://orcid.org/0000-0002-3970-1627>;

Грубник Михайло Ігорович (Mykhailo Hrubnyk), аспірант Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», <https://orcid.org/0009-0007-1191-4552>;

Владимиренко Владислава Віталіївна (Vladislava Vladymyrenko), PhD, асистент Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», <https://orcid.org/0009-0009-9448-4010>;

Корягін Андрій Геннадійович (Andrii Koriahin), канд. хім. наук, доцент Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», <https://orcid.org/0000-0002-6989-399X>;

Авіна Світлана Іванівна (Svitlana Avina), канд. техн. наук, доцент Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», <https://orcid.org/0000-0002-5037-8576>.