

## РОЗДІЛ III. ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.25140/2411-5363-2024-3(37)-170-180

УДК 67.08:634.652

**Тетяна Геннадіївна Філінська<sup>1</sup>, Марина Миколаївна Терещук<sup>2</sup>,  
Антоніна Олександрівна Філінська<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>кандидат технічних наук,

доцент кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції

Український державний університет науки і технологій (Дніпро, Україна)

**E-mail:** [f11nskaya@ukr.net](mailto:f11nskaya@ukr.net). **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0009-7921-1989>

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів,

Український державний університет науки і технологій (Дніпро, Україна)

**E-mail:** [latiniys229@gmail.com](mailto:latiniys229@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4458-1831>

<sup>3</sup>старший викладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції,

Український державний університет науки і технологій (Дніпро, Україна)

**E-mail:** [antoniyafilelin@ukr.net](mailto:antoniyafilelin@ukr.net). **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0001-6975-6186>

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДХОДІВ АВОКАДО ЯК ВТОРИННИХ СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Зростання обсягів вирощування і перероблення авокадо супроводжується утворенням великої кількості відходів. У статті наведено результати досліджень властивостей порошоків, отриманих зі шкірки, ядра та насінневої оболонки авокадо. Визначено показники вологоутримуючої здатності як окремих відходів авокадо, так і їхніх сумішей із різними видами борошна. Найменший показник вологоутримуючої здатності (217 %) має ядро насіння, що пояснюється присутністю у його складі значної кількості жирів, тоді як шкірка і насіннева оболонка, які містять більшу кількість волокон, мають даний показник на рівні 342 і 431 % відповідно. Суміші порошоків ядра авокадо (до 40 %) з льняним, кунжутним і гарбузовим борошном можуть слугувати зсичувачами для харчових низькожирних емульсійних продуктів. Виконані дослідження щодо можливості використання відходів плодів авокадо як наповнювачів у складі гум. Введення до складу модельних гумових сумішей порошоків авокадо з ядра, насінневої оболонки й зовнішньої шкірки плоду у кількості 40 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку надало вулканізіатам меншу еластичність та твердість ніж каолін. Отримані м'які гуми завдяки низькому показнику деформованості можуть використовуватися в якості уцільнювачів.

**Ключові слова:** авокадо; відходи; ядро; шкірка; функціональна добавка; низькожирні емульсії; гуми.

Рис.: 4. Табл.: 7. Бібл.: 16.

**Актуальність теми дослідження.** Підвищений попит на авокадо, зростання його виробництва, перероблення і споживання призводять до утворення великої кількості відходів, таких як насіння, шкірка і знежирена м'якоть. Вони становлять приблизно третину маси плоду, забруднюють довкілля, створюючи певні екологічні ризики. Плоди авокадо і його побічні продукти містять поживні й фітохімічні речовини, які можуть використовуватися в харчовій, фармацевтичній, косметичній та інших галузях промисловості. Побічні продукти авокадо мають антипроліферативну та протизапальну дію, насіння авокадо покращує вуглеводний і ліпідний обмін. Крохмаль і харчові волокна з побічних продуктів авокадо можуть використовуватися як біоматеріал [1]. Високий вміст крохмалю робить плоди авокадо потенційною сировиною для виробництва біопластика. Відходи авокадо можна розглядати як цінний екологічний матеріальний ресурс і як відновлювану сировину, тож актуальними на сьогодні є дослідження щодо можливого розширення сфер їх застосування в різних галузях промисловості.

**Постановка проблеми.** На сьогодні актуальними є питання зменшення екологічного тиску на довкілля для різних галузей виробництва. Не є винятком і харчова галузь. Великий відсоток відходів, що утворюються в процесі споживання і перероблення авокадо, потребує розширення досліджень щодо можливості їх використання як вторинного сировинного ресурсу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Світовий ринок авокадо має сталу тенденцію до зростання, про що свідчать статистичні дані, наведені в табл. 1.

*Таблиця 1 – Виробництво авокадо у світі у період з 2000 по 2022 рік*

Показник	Рік						
	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Виробництво авокадо, млн тонн	2,71	3,42	3,87	5,28	8,21	8,57	8,98

Джерело: [2].

Обсяги виробництва авокадо з 2000 року зросли більше ніж у три рази і за прогнозами аналітиків до 2030 року мають збільшитися ще вдвічі.

Авокадо є цінним харчовим продуктом, що містить велику кількість поживних нутрієнтів, жирів, харчових волокон, мікро- і макроелементів, біологічно активних речовин та ін. [3]. Орієнтованість населення на здорове і корисне харчування сприяє збільшенню попиту на цей продукт. Авокадо як джерело жирів є сировиною для виробництва олії, яку використовують у харчовій, косметичній та інших галузях промисловості. Споживання і перероблення авокадо супроводжується утворенням великої кількості відходів і увага дослідників сьогодення спрямована на пошук шляхів їх застосування як вторинних матеріальних ресурсів.

Відходи авокадо (шкірку і насіння) доцільно використовувати для виробництва біогазу в процесі твердофазної ферментації. З використанням олії насіння авокадо одержують біодизельне паливо. Багато досліджень підтверджують, що насіння авокадо може слугувати сировиною для виробництва пігментів. Найбільший відсоток пігментів вилучається разом з олією, проте, значна їх кількість залишається в м'якоті і шкірці. Побічні продукти авокадо містять поліфеноли, що мають антиоксидантну і протимікробну дію та можуть бути ефективними добавками при консервуванні харчових продуктів для збільшення терміну їх зберігання та запобігання ферментативному потемнінню [4]. Навіть висушений розпиленням порошок відпрацьованої води, що утворюється у великих кількостях при промисловому виробництві олії авокадо холодного віджиму, має властивості інгібітора окислення ліпідів в ковбасах [5].

Насіння (кісточка) авокадо складає 13-18% від загальної маси плоду і часто не знаходить практичного застосування, хоча може бути цінною сировиною для текстильної, фармацевтичної, біомедичної та хімічної промисловості. Насіння авокадо містить близько 66,3 % крохмалю; 4,9 % білка; 4,1 % арабінози і 3,3 % пентозанів, які можна перетворити на продукти з високою доданою вартістю [6]. Зі шкірки авокадо кислотним гідролізом і лужним обробленням отримують лігноцелюлозне волокно для виготовлення плівкових матеріалів, які біодеградують протягом 30 діб [7]. Особливої уваги заслуговує можливість виготовлення з відходів авокадо адсорбентів для екологічно чистої і економічної технології вилучення забруднюючих речовин зі стічних вод [8]. Досліджується можливість додавання до складу функціональних продуктів харчування сублімованого порошку з насіння авокадо як джерела харчових волокон і корисних нутрієнтів. Така добавка також містить сполуки з високим антиоксидантним потенціалом. Наприклад, пропонується заміна 6-18 % пшеничного борошна на порошок насіння авокадо при виготовленні зернових закусок [9].

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Проведений аналіз останніх публікацій показав, що дослідженням проблеми використання відходів авокадо приділяється значна увага. Нагальною залишається потреба вивчення технологічних властивостей шкірки, насіння (ядра) та насіннєвої оболонки, а також розширення сфер застосування їх як функціональних добавок при виробництві продуктів харчового і технічного призначення.

**Метою статті** є дослідження властивостей відходів авокадо, визначення їх характеристик як функціональних добавок багатоцільового призначення в різних галузях промисловості.

**Виклад основного матеріалу.** Для досліджень використовували відходи авокадо – шкірку й насіння. Від насіння додатково відділяли насінневу оболонку, яка становить до 2 % від маси насіння. Вказані зразки перед дослідженням подрібнили й відокремили фракцію з розміром частинок 0,25 та 0,5 мм. Вибір найменшої за розміром фракції пояснюється результатами попередніх досліджень щодо впливу розміру частинок на їхню вологоутримуючу здатність [10]. До того ж використання як функціональні добавки великих за розміром фракцій мало б негативний вплив на органолептичні та інші характеристики кінцевого продукту. Вологоутримуючу здатність досліджуваних об'єктів – шкірки, насінневої оболонки й очищеного від оболонки насіння (ядро) – визначали методом центрифугування [11]. Отримані результати дослідження наведені в табл. 2.

*Таблиця 2 – Вологоутримуюча здатність подрібнених відходів авокадо*

Досліджуваний зразок	Шкірка зовнішня	Ядро	Насіннева оболонка
Вологоутримуюча здатність, %	342	217	431

Джерело: розроблено авторами.

Як видно з табл. 2, найменший показник вологоутримуючої здатності має ядро, що можна пояснити присутністю у його складі значної кількості жирів, тоді як шкірка і насіннева оболонка містять більшу кількість волокон. Волокна шкірки в основному складаються з целюлози (28 %), геміцелюлози (25 %) і лігніну (4 %) [7]. Слід зазначити, що присутні у відходах авокадо дубильні речовини у значних кількостях можуть негативно впливати на якість харчових продуктів [12]. Щоб запобігти цьому, доцільно використовувати комплексні функціональні добавки з різним вмістом у їх складі відходів авокадо. Суміші останніх із різноманітними видами борошна можуть позитивно вплинути на їх технологічні характеристики й не призводити до погіршення органолептичних показників. У табл. 3 наведено результати дослідження сумішей подрібненого ядра авокадо дрібної фракції (порошок ядра авокадо розміром до 0,5 мм) з льняним, кунжутним і гарбузовим борошном.

Як видно з табл. 3, збільшення частки борошна сприяє збільшенню показника вологоутримуючої здатності суміші. Зразки з вмістом порошку ядра авокадо до 40 % можуть слугувати ефективними загущувачами для харчових низькожирних емульсійних продуктів.

*Таблиця 3 – Вологоутримуюча здатність сумішей подрібненого ядра авокадо з льняним, кунжутним і гарбузовим борошном*

Склад суміші		Вологоутримуюча здатність, %
Компонент суміші	Вміст, %	
1	2	3
Порошок ядра авокадо	80	227
Льняне борошно	20	
Порошок ядра авокадо	60	288
Льняне борошно	40	
Порошок ядра авокадо	40	359
Льняне борошно	60	
Порошок ядра авокадо	20	498
Льняне борошно	80	
Порошок ядра авокадо	80	249
Кунжутне борошно	20	
Порошок ядра авокадо	60	377
Кунжутне борошно	40	
Порошок ядра авокадо	40	443
Кунжутне борошно	60	

Закінчення табл. 3.

1	2	3
Порошок ядра авокадо	20	475
Кунжутне борошно	80	
Порошок ядра авокадо	80	241
Гарбузове борошно	20	
Порошок ядра авокадо	60	256
Гарбузове борошно	40	
Порошок ядра авокадо	40	312
Гарбузове борошно	60	
Порошок ядра авокадо	20	365
Гарбузове борошно	80	

Джерело: розроблено авторами.

Як і в харчовій промисловості, де має місце зростаючий попит на екологічні продукти і впровадження безвідходних технологій, так і в технічних галузях виконуються роботи й реалізуються проекти, спрямовані на використання відновлюваної сировини, у тому числі і відходів виробництв. Зважаючи на це були виконані дослідження щодо можливості використання відходів авокадо (зовнішня шкірка, ядро і насіннева оболонка) у складі гумових сумішей.

В якості еластомерної основи використовували натуральний каучук (НК) марки RSS-1, країна походження В'єтнам. Вміст летких речовин 0,3-0,5 мас.%, початкова пластичність за Уоллесом 46-47 ум.од. (згідно з В'єтнамським стандартом TCVN3769-2004. Еквівалент ISO-2000:2003). Зовнішня шкірка, ядро і насіннева оболонка плодів авокадо застосовувались як дисперсні наповнювачі (рис. 1).

Показник вологостійкості здатності подрібнених відходів авокадо відповідав наведеному у табл. 2. Природний вміст води в дослідних зразках визначався непрямим методом, який заснований на визначенні масової частки води в матеріалі, що розраховується за різницею маси наважки продукту до і після висушування при температурі 105°C до постійної маси. Отримані результати визначення вмісту води в досліджуваних зразках наведені в табл. 4. Як видно з табл. 4, найменший вміст води мають порошки, отримані з зовнішньої шкірки плоду авокадо та насінневої оболонки, а найбільший – порошок з ядра плоду.

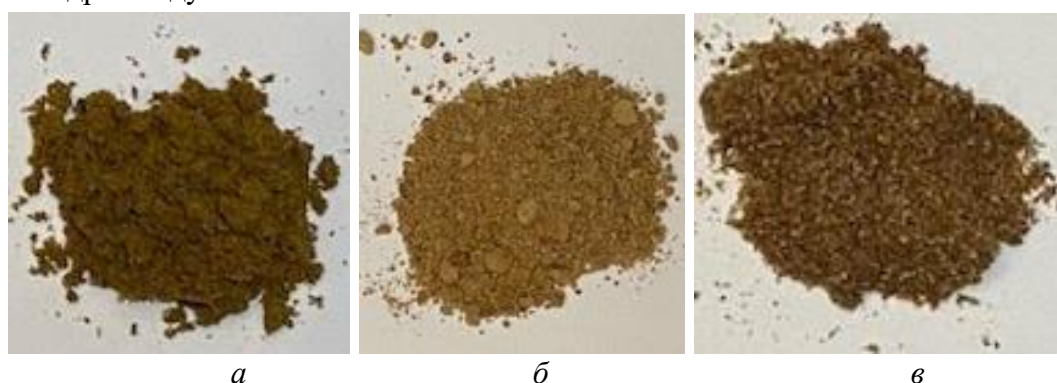


Рис. 1. Зовнішній вигляд досліджуваних зразків відходів плодів авокадо: а – порошок зовнішньої шкірки плоду авокадо; б – порошок ядра авокадо; в – порошок насінневої оболонки

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 4 – Вміст води у досліджуваних відходах плодів авокадо

Досліджуваний зразок	Шкірка зовнішня	Ядро	Насіннева оболонка
Вміст води, %	6,65	16,42	8,59

Джерело: розроблено авторами.

Для оцінювання можливості використання відходів плодів авокадо у складі гум як наповнювачі використовували модельні гумові суміші на основі натурального каучуку (НК), стандартного складу: 100 мас.ч. каучуку, 5 мас.ч. білил цинкових марки БЦОМ, 2 мас.ч. стеарину технічного, 3 мас.ч сірки меленої, 0,7 мас.ч. каптакса. Досліджувані відходи плодів авокадо (зовнішня шкірка і насіннева оболонка фракції до 0,25 мм; ядро – фракція до 0,5 мм) до складу гумової суміші вводили у кількості 40 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку. Виготовлення гумових сумішей здійснювали на лабораторних вальцях ЛБ 320-160/160 (фрикція 1:1,07) наступним способом. Виготовили маточну суміш наступного складу: 100 мас.ч. НК, 5 мас. ч. білил цинкових та 2 мас.ч. стеарину технічного. Маточну суміш поділили на п'ять рівних за масою частин. У кожен з чотирьох частин додали досліджувані відходи плодів авокадо та каоліну (для порівняння) по 40 мас.ч., відповідно до розподілу, наведеному в табл. 5, та компоненти вулканізуючої групи (сірку та каптакс), а в одну частину тільки компоненти вулканізуючої групи.

Технологічно введення наповнювачів, незалежно від типу, не мало ускладнень. Диспергування здійснювалося легко, розподіл компонентів – рівномірний, усадка гумової суміші, після виготовлення – відсутня. Гумові суміші вулканізували в режимі 143°C впродовж 10, 15, 20, 25, 30 хвилин. Вулканізати, що містили наповнювачі з плодів авокадо мали темно-коричневий колір (рис. 2).

Таблиця 5 – Склад гумових сумішей

Тип наповнювача (40 мас.ч на 100 мас.ч. каучуку)	Склад суміші				
	0	1	2	3	4
Каолін	-	+	-	-	-
Насіннева оболонка ядра авокадо (фракція до 0,25 мм)	-	-	+	-	-
Подрібнене ядро авокадо (фракція до 0,5 мм)	-	-	-	+	-
Подрібнена зовнішня шкірка авокадо (фракція до 0,25 мм)	-	-	-	-	+

Джерело: розроблено авторами

Вулканізати з каоліном та подрібненим ядром авокадо мали гладку поверхню, а поверхня вулканізаторів з насінневою оболонкою ядра авокадо та зовнішньою шкіркою авокадо мали на поверхні зморшки, що можна пояснити їхньою значно вищою вологоутримуючою здатністю.



а



б

Рис. 2. Фотографії вулканізаторів, що містять:

а – каолін; б – подрібнену насінневу оболонку ядра авокадо;

в – подрібнене ядро авокадо; г – подрібнену зовнішню шкірку авокадо

Джерело: розроблено авторами.

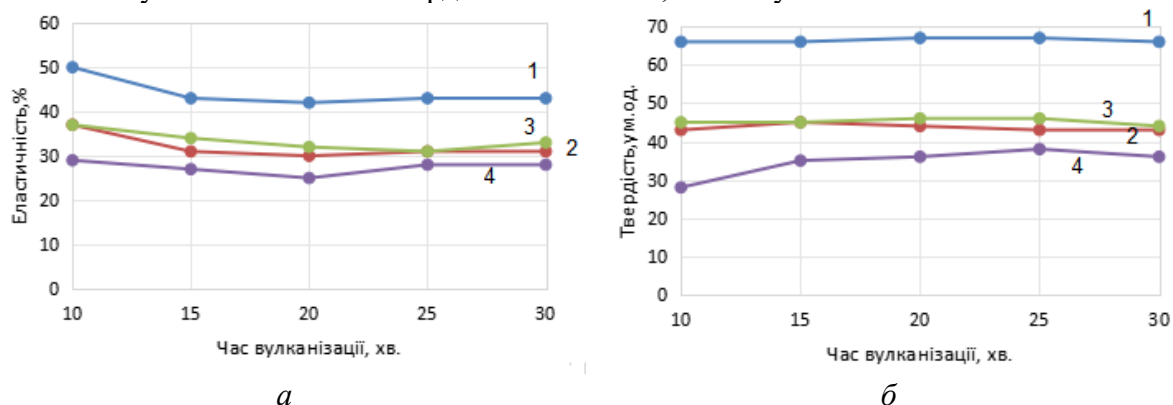


**Рис. 2. Закінчення (початок на с. )**

Технічні характеристики вулканізацій дослідних гумових сумішей, оцінювали за такими показниками як твердість за Шором та еластичність по відскоку [13; 14].

На рис. 3 наведено графічні залежності впливу типу наповнювача на еластичність та твердість досліджуваних гум за різної тривалості вулканізації.

При оцінюванні впливу типу наповнювача на еластичність та твердість вулканізацій як наповнювачів для порівняння використовували каолін – природний неорганічний анізотропний матеріал, який має деяку підсилювальну дію в гумах. Як видно з графіків, наведених на рис. 3, наповнювачі, отримані з відходів плодів авокадо, надають вулканізатам меншу еластичність та твердість ніж каолін, тобто гуми є м'якими.



**Рис. 3. Вплив типу наповнювача та тривалості вулканізації на: а – еластичність; б – твердість гум. Наповнювач: 1 – каолін; 2 – подрібнена насіннева оболонка ядра авокадо; 3 – подрібнене ядро авокадо; 4 – подрібнена зовнішня шкірка авокадо**  
Джерело: розроблено авторами

М'які гуми, завдяки меншій деформованості, менше перегріваються, легко набувають необхідної форми, часто використовуються як ущільнювач. Між собою за впливом на еластичність та твердість порошкоподібні відходи плодів авокадо, можна розташувати у ряд: подрібнене ядро авокадо  $\geq$  подрібнена насіннева оболонка ядра авокадо  $>$  подрібнена зовнішня шкірка авокадо. Якщо треба одержати більш тверду гуму, як наповнювач можна застосувати композиції каоліну з відходами авокадо й коригувати співвідношення компонентів вулканізувальної групи.

Фізико-механічні властивості вулканізацій оцінювали методом визначення пружно-міцностних властивостей при розтягуванні [13]. Для порівняння були обрані рівномодульні гуми (табл. 6).



Таблиця 6 – Фізико-механічні властивості вулканікатів, що містять подрібнені відходи плодів авокадо

Показники	Досліджуваний зразок (тип наповнювача)			
	без наповнювача	шкірка зовнішня	ядро насіння	насіннева оболонка
Умовне напруження при 100% подовженні, МПа	0,6	0,2	0,2	0,4
Умовна міцність при розтягванні при 25°C, МПа	6,3	1,1	1,6	2,5
Відносне подовження, %	550	410	400	480

Джерело: розроблено авторами.

Як видно з табл. 6, вулканізати, які містять подрібнені відходи плодів авокадо, мають менші значення за показниками ніж вулканікат без наповнювача. Це вказує на те, що у кількості 40 мас.ч. на 100 мас.ч. натурального каучуку досліджувані зразки виконують більшою мірою функцію розріджувачів і за ефективністю дії наближаються до інертних наповнювачів. Проте зниження відносного подовження вказує на їхню участь у процесі утворенні поперечних зв'язків при вулканізації.

Концентрацію поперечних зв'язків ( $N_c$ ) в досліджуваних вулканізатах визначали за методом встановлення рівноважної межі набухання [15].

Розрахунок концентрації поперечних зв'язків виконували за формулою:

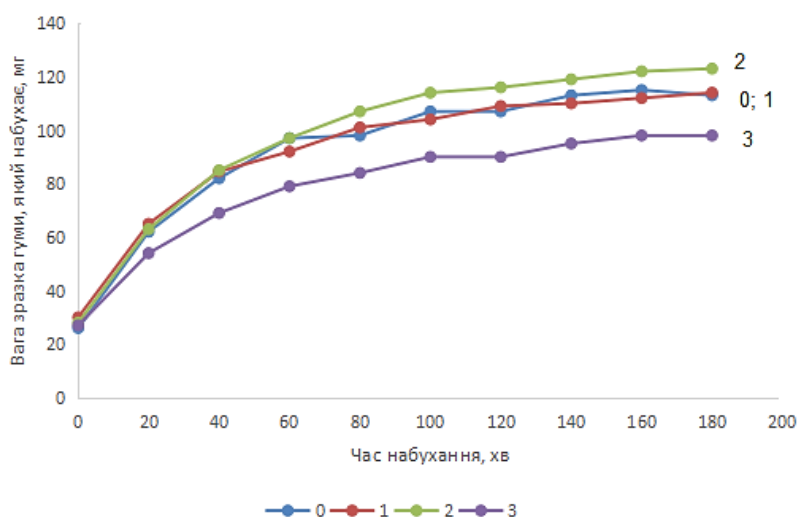
$$N_c = \frac{A \cdot \rho_v}{2M_c} \tag{1}$$

де  $A$  – число Авогадро ( $6,023 \cdot 10^{23}$ );

$\rho_v$  – щільність вулканікату;

$M_c$  – молекулярна маса частки макромолекули, яка знаходиться між вузлами поперечних зв'язків.

Для системи НК – ксилол:  $M_c = 0,96 \cdot 122 \cdot m_c = 117m_c$ . Значення  $m_c$  визначається з номограми «Залежність максимуму набухання від значення параметра  $\mu$  для вулканікатів з різною густиною просторовою сітки» [14], згідно з даними, одержаними при визначенні здатності гум до набухання та максимуму набухання ( $Q_\infty$ ) (рис. 4, а, 4, б).



а

Рис. 4. Вплив типу наповнювача на ступінь набухання вулканікатів :

0 – без наповнювача; 1 – подрібнена зовнішня шкірка авокадо;

2 – подрібнене ядро авокадо; 3 – подрібнена насіннева оболонка ядра авокадо

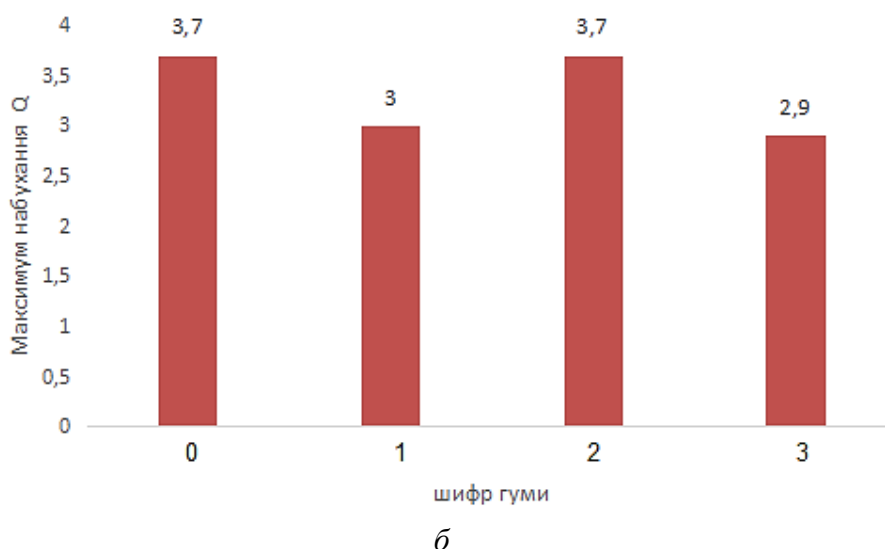


Рис. 4. Закінчення (початок на с. )

Джерело: розроблено авторами.

Отримані результати визначення концентрації поперечних зв'язків у вулканізатах, що містять подрібнені відходи плодів авокадо, наведені в табл. 7.

Таблиця 7 – Концентрація поперечних зв'язків вулканізаторів, що містять подрібнені відходи плодів авокадо

Досліджуваний зразок	Шкірка зовнішня	Ядро насіння	Насіннева оболонка
Концентрація поперечних зв'язків $N_c \cdot 10^{19}$	8,5	6,2	9,1

Джерело: розроблено авторами.

Як видно з табл. 7, найбільша концентрація поперечних зв'язків спостерігається для вулканізату, що містить подрібнену насіннєву оболонку ядра авокадо. За здатністю сприяти утворенню поперечних зв'язків при сірковій вулканізації, подрібнені відходи плодів авокадо розташовуються в ряд: насіннева оболонка > шкірка зовнішня > ядро насіння. Чим менша концентрація поперечних зв'язків, тим більше гума поглинає розчинник.

**Висновки.** На підставі проведених досліджень визначені показники вологоутримуючої здатності для різних видів відходів авокадо. Встановлено, що даний показник має найнижче значення для ядра (217 %), тоді як шкірка і насіннева оболонка характеризуються показником вологоутримуючої здатності 342 і 431 % відповідно. Суміші порошку ядра авокадо (до 40 %) з льняним, кунжутним і гарбузовим борошном можуть бути використані як загущувачі для харчових низькожирних емульсійних продуктів з високою часткою водної фази.

Визначена можливість використання відходів плодів авокадо у складі модельних гум на основі натурального каучуку. Встановлено, що об'єкти дослідження, по різному впливають на здатність гум до вулканізації, що підтверджується значеннями концентрацій поперечних зв'язків. Виконані дослідження показали доцільність вивчення поведінки гум за наявності в їхньому складі органічних природних компонентів як у ролі наповнювачів, так і в ролі модифікаторів. Перспективними є виконання досліджень щодо вивчення поведінки гум у присутності вулканізувальних систем різної ефективності, у присутності різних агентів вулканізації та з прискорювачами різного типу; оцінювання опору дії термічному старінню; вивчення характеристики гум при використанні систем «мінеральний наповнювач – відходи плодів авокадо» та ін.

Застосування подрібнених відходів плодів авокадо у складі гум дозволяє вирішити екологічну проблему утилізації відходів харчового виробництва; розширити асортимент інгредієнтів для виготовлення гумових виробів за рахунок поновлюваної природної сировини.



**Список використаних джерел**

1. Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds / Norma Julieta Salazar-López, J. Abraham Domínguez-Avila, Elhadi M. Yahia, Beatriz Haydee Belmonte-Herrera, Abraham Wall-Medrano, Efigenia Montalvo-González, G.A. González-Aguilar // *Food Research International*. – 2020. – Vol. 138. – Part A. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109774>.
2. Avocado production worldwide from 2000 to 2022 (in million metric tons) [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.statista.com/statistics/577455/world-avocado-production/>.
3. Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications / Sneh Punia Bangar, Kyle Dunno, Sanju Bala Dhull, Anil Kumar Siroha, Sushil Changan, Sajid Maqsood, Alexandru Vasile Rusu // *Food Chemistry: X*. – 2022. – Vol. 16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100507>.
4. Baidhe, E. The Bioprocessing Quick Wins from Avocado Fruit in Uganda / E. Baidhe, N. Kiggundu, N. Banadda // *Advances in Bioscience and Biotechnology*. – 2020. – Vol.11. – Pp. 405-419. DOI: <https://doi.org/10.4236/abb.2020.118028>.
5. Permal, R. Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative / R. Permal // *Food Chemistry*. – 2020. – Vol. 306. – Pp. 1-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125635>.
6. Beneficiation of avocado processing industry by-product: A review on future prospect / Tamrat Tesfaye, Million Ayele, Magdi Gibril, Eyasu Ferede, Dersseh Yilie Limeneh, Fangong Kong // *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*. – 2022. – Vol. 5. – Pp. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100253>.
7. Shafaet, Ahmed. Strong and biodegradable films from avocado peel fiber / Ahmed Shafaet, Janaswamy Srinivas // *Industrial Crops and Products*. – 2023. – Vol. 201. – P. 1-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116926>.
8. Tanweer, Ahmad. A review of avocado waste-derived adsorbents: Characterizations, adsorption characteristics, and surface mechanism / Ahmad Tanweer, Danish Mohammed // *Chemosphere*. – 2022. – Vol. 296. – 134036. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134036>.
9. Marta, Siol. Chemical Composition, Physicochemical and Bioactive Properties of Avocado (*Persea americana*) Seed and Its Potential Use in Functional Food Design / Marta Siol, Anna Sadowska // *Agriculture*. – 2023. – Vol. 13(2). – P. 316. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13020316>.
10. Проніна, М. С. Функціональні добавки з плодів авокадо / М. С. Проніна, Т. Г. Філінська, А. О. Філінська // *Хімія та сучасні технології: Х Ювілейна Міжнародна науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених тези доповідей, 23-24 листопада*. – У 6 томах. – Т. II. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2021. – С. 133-134.
11. «Сучасні напрями розвитку технологій виробництва харчових продуктів» та «Сучасні фізико-хімічні методи у виробництві харчових продуктів: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 102 «Хімія» денної форми навчання / уклад. Ю. В. Менафова. – Краматорськ: ДДМА, 2020. – 24 с.
12. Jorge Arturo Mejía-Barajas. Biotechnological applications of avocado seed – a review / Jorge Arturo Mejía-Barajas // *Mexican Journal of Biotechnology*. – 2020. – Vol. 5, № 3. – Pp. 33-70. DOI: <https://doi.org/10.29267/mxjb.2020.5.3.33>.
13. Хімія та технологія еластомерів: лабораторний практикум [Електронний ресурс] / уклад.: Л. Д. Масленнікова, Ф. Г. Фабуляк, С. В. Іванов. – К.: НАУ, 2007. – 32 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/323011785.pdf>.
14. ДСТУ ISO 4662:2019 (ISO 4662:2017, IDT). Rubber, vulcanized or thermoplastic — determination of rebound resilience. Гума вулканізована чи термопластична. Визначення еластичності за відскоком. Дата введення 01.09.2019. – Київ: ДП «УкрНДНЦ». – 13 с.
15. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Структура та властивості композиційних матеріалів на основі еластомерів» за освітньо-професійною програмою «бакалавр» для студентів спеціальності «161 Хімічні технології та інженерія» вибірковий блок «Хімічні технології переробки полімерних та композиційних матеріалів» / уклад. М. М. Терещук. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2018. – 27с.

### References

1. Salazar-López, N.J., J. Domínguez-Avila, A., Yahia, E.M., Belmonte-Herrera, B.H., Wall-Medrano, A., Montalvo-González, E., González-Aguilar, G.A. (2020). Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 138, Part A. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109774>.
2. Avocado production worldwide from 2000 to 2022 (in million metric tons). (2024). <https://www.statista.com/statistics/577455/world-avocado-production>.
3. Bangar, S.P., Dunno, K., Dhull, S.B., Siroha, A.K., Changan, S., Maqsood, S., Rusu, A.V. (2022). Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. *Food Chemistry: X*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100507>.
4. Baidhe, E., Kiggundu, N., Banadda, N. (2020). The Bioprocessing Quick Wins from Avocado Fruit in Uganda. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 11, 405-419. <https://doi.org/10.4236/abb.2020.118028>.
5. Permal R. (2020). Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative. *Food Chemistry*, 306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125635>.
6. Tesfaye, T., Ayele, M., Gibril, M., Ferede, E., Limeneh, D. Y., Kong, F. (2022). Beneficiation of avocado processing industry by-product: A review on future prospect. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100253>.
7. Ahmed, S., Janaswamy, S. (2023). Strong and biodegradable films from avocado peel fiber. *Industrial Crops and Products*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116926>.
8. Ahmad, T., Danish, M. (2022). A review of avocado waste-derived adsorbents: Characterizations, adsorption characteristics, and surface mechanism. *Chemosphere*, 296. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134036>.
9. Siol, M., Sadowska, A. (2023). Chemical Composition, Physicochemical and Bioactive Properties of Avocado (*Persea americana*) Seed and Its Potential Use in Functional Food Design. *Agriculture*, 13(2), 316. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020316>.
10. Pronina, M.S., Filinska, T.H., Filinska, A.O. (2021). Funktsionalni dobavky z plodiv avokado [Functional additives from avocado fruits]. *Khimiiia ta suchasni tekhnologii – Chemistry and Modern Technologies: Proceedings of X Jubilee International Scientific and Practical Internet Conference of Higher Education Graduates and Young Scientists* (Vol. 2, pp. 133–134). DVNZ UDKhTU.
11. Mienafova, Yu.V. (2020). «Suchasni napriamy rozvytku tekhnologii vyrobnytstva kharchovykh produktiv» ta «Suchasni fizyko-khimichni metody u vyrobnytstvi kharchovykh produktiv: metodychni vkazivky do laboratornykh robot dlia studentiv spetsialnosti 102 «Khimiiia» dennoi formy navchannia [“Modern trends in the development of food production technologies” and “Modern physico chemical methods in food production”: methodological instructions for laboratory work for students of the specialty 102 “Chemistry” full-time study]. DDMA.
12. Mejía-Barajas, J.A. (2020). Biotechnological applications of avocado seed – a review. *Mexican Journal of Biotechnology*, 5(3), 33-70. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2020.5.3.33>.
13. Maslennikova, L.D., Fabuliak, F.H., Ivanov, S.V. (2007). *Khimiiia ta tekhnologiiia elastomeriv: laboratornyi praktykum [Chemistry and technology of elastomers: laboratory workshop]*. NAU. <https://core.ac.uk/download/pdf/323011785.pdf>.
14. Rubber, vulcanized or thermoplastic — determination of rebound resilience. Vulcanized or thermoplastic rubber. Determination of elasticity by rebound. (2019). DSTU ISO 4662:2019 (ISO 4662:2017, IDT). SE "UkrNDNC".
14. Tereshchuk, M.M. (2018). *Metodychni vkazivky do laboratornykh zaniat z dystsypliny “Struktura ta vlastyvosti kompozytsiinykh materialiv na osnovi elastomeriv” za osvithno-profesiinoiu prohramoiu «bakalavr» dlia studentiv spetsialnosti «161 Khimichni tekhnologii ta inzheneriia» vybirkovyi blok «Khimichni tekhnologii pererobky polimernykh ta kompozytsiinykh materialiv» [Methodological instructions for laboratory classes in the discipline “Structure and properties of composite materials based on elastomers” under the educational and professional program “bachelor” for students of the specialty “161 Chemical technologies and engineering” selective block “Chemical technologies of processing polymer and composite materials”]*. DVNZ UDKhTU.

Отримано 04.07.2024

***Tetiana Filinska<sup>1</sup>, Tereshchuk Maryna<sup>2</sup>, Antonina Filinska<sup>3</sup>***<sup>1</sup>PhD in Technical Sciences,Associate Professor of the Department of Technologies of Natural and Synthetic Polymers, Fats and Food Products  
Ukrainian State University of Science and Technology (Dnipro, Ukraine)**E-mail:** [filinskaya@ukr.net](mailto:filinskaya@ukr.net). **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0009-7921-1989><sup>2</sup>PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technologies of Fuels, Polymer and Printing Materials  
Ukrainian State University of Science and Technology (Dnipro, Ukraine)**E-mail:** [latiniys229@gmail.com](mailto:latiniys229@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4458-1831><sup>3</sup>senior lecturer of the Department of Technologies of Natural and Synthetic Polymers, Fats and Food Products  
Ukrainian State Chemical and Technological University (Dnipro, Ukraine)**E-mail:** [antoniyafilein@ukr.net](mailto:antoniyafilein@ukr.net). **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0001-6975-6186>**RESEARCH OF AVOCADO WASTE AS MULTIPURPOSE  
SECONDARY RAW MATERIAL RESOURCES**

*The growing volume of avocado cultivation and processing is accompanied by the generation of a large amount of waste, which imposes a significant ecological burden on the environment. The core and peel of an avocado contain several components that allow them to be used as secondary material resources in various industries, including food, cosmetics, and chemicals. These components can serve as raw materials for the production of pigments, biofuels, adsorbents, and biodegradable film materials, as well as having antimicrobial and antioxidant effects and containing fibers and other biologically active components.*

*An analysis of recent publications has shown that considerable attention is being paid to researching the problem of using avocado waste. There is an urgent need to study the technological properties of the peel, seed (kernel), and seed coat, and to expand the scope of their application as functional additives to various food and technical products.*

*The purpose of this article is to study the properties of avocado waste, determine their characteristics as thickeners and moisture-retaining components of food emulsion products, and evaluate their use as part of rubber compositions.*

*The article presents the results of the research on the properties of powders obtained from the peel, core, and seed coat of avocados. The indicators of the moisture-retaining capacity of both individual avocado waste and their mixtures with various types of flour were determined. The seed kernel has the lowest moisture-holding capacity (217%), which is explained by the presence of a significant amount of fat in its composition, while the skin and seed coat, which contain a greater amount of fibers, have this indicator at the level of 342% and 431%, respectively. Mixtures of avocado kernel powder (up to 40%) with flax, sesame, and pumpkin flour can serve as thickeners for low-fat food emulsion products.*

*Model rubber mixtures based on natural rubber (NR), with a standard composition of 100 wt. parts were used to evaluate the possibility of using avocado fruit waste in rubber as fillers: 5 wt. parts zinc oxide, 2 wt. parts stearic acid, 3 wt. parts sulfur, and 0.7 wt. parts cap tax. The introduction of avocado powders from the seed core, seed coat, and outer skin of the fruit in the amount of 40 parts by weight into the model rubber mixtures per 100 wt. parts of rubber produced vulcanizates with less elasticity and hardness than those made with kaolin, resulting in softer rubbers. These softer rubbers, due to their lower deformability index, overheat less, easily acquire the required shape, and are often used as sealants. If it is necessary to obtain harder rubbers, compositions of kaolin with avocado waste can be used as fillers, adjusting the ratio of components. The conducted studies demonstrated the viability of studying the behavior of rubbers in the presence of organic natural components in their composition, both as fillers and modifiers. The use of crushed avocado fruit waste in the composition of rubber helps solve the ecological problem of disposing of food production waste and expands the range of ingredients for the manufacture of rubber products using renewable natural raw materials.*

**Keywords:** avocado; waste; core; peel; functional supplement; low-fat emulsions; rubber.

Fig.: 4. Table: 7. References: 16.