
ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 662.636; 620.9

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.34>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ СУМІСНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБНИЦТВ ТА СОНЯШНИКОВОГО ЛУШПИННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ СТАЛОГО УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

Адашевський О.В. – аспірант кафедри хімічної техніки та промислової екології,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0009-0000-6009-4123

Поточна економічна та воєнна ситуація в Україні загострила питання про диверсифікацію джерел для генерації електричної та теплової енергії. Традиційно потужний аграрний сектор та наявність комплексів з переробки сільськогосподарських культур в Україні стали поштовхом для розвитку біоенергетичного сектору. Агропелети, які складаються з рештків сільськогосподарських рослин, які утворились або під час збирання врожаю, або під час переробки рослин, є перспективним видом твердого біопалива. Соняшникове лушпиння, яке утворюється при виробництві олії, завдяки чіткій локалізації місць утворення та постійно працюючим підприємствам є найбільш поширеною сировиною для агропелет. В той саме час, тверді органічні відходи кондитерських виробництв лише частково використовуються у складі комбікормів для тварин, маючи при цьому значний енергетичний потенціал.

Метою роботи є дослідити можливості та доцільності використання твердих органічних відходів кондитерських виробництв в якості компонента при виготовленні пелет, в тому числі агропелет.

Дослідження процесу сушки твердих органічних відходів кондитерських виробництв дозволило визначити характер зміни вмісту вологості в залежності від вмісту жиру у зразках та їх структури. Було визначено, що за 490–520 хв сушки за температури 130 °C майже всі зразки відходів та їх сумішей демонструють зменшення вмісту вологи до 20 мас.% при початковій вологості 70 мас.%. Було встановлено, що найвища теплота згорання відходів вафель з жировою начинкою становить 22,8 МДж/кг та перевищує за цим показником всі інші поширені типи сировини для агропелет. Проведені дослідження показали, що співвідношення соняшникового лушпиння та вафель з жировою начинкою впливає на механічну міцність пелет.

Результати досліджень показали потенційну можливість виготовлення агропелет комбінованого складу на основі твердих органічних відходів кондитерських виробництв та соняшникового лушпиння. Вміст соняшникового лушпиння 40–50 мас.% було визначено як оптимальний для отримання агропелет з необхідними властивостями. При такому співвідношенні вдається отримати гранули з високою механічною міцністю та достатньо високим значенням найвищої теплоти згорання при збереженні зольності не більше 2,1 мас.%.

Ключові слова: агропелети, вафлі з жировою начинкою, печиво, соняшникове лушпиння, механічна міцність, найвища теплота згорання, зольність, стаке управління.

Adashevskiy O.V. Research on the prospects of confectionery waste and sunflower husk combined energy use as an element of sustainable waste management

The current economic and military situation in Ukraine has exacerbated the issue of diversifying sources for generating electricity and heat. The traditionally powerful agricultural sector and crop processing complexes presence in Ukraine have become an impetus for the bioenergy sector development. Agropellets, which consist of agricultural plant residues that were formed either during harvesting or during plant processing, are a promising type for solid biofuel. Sunflower husks, which are formed during oil production, are the most common raw material for agropellets due to the clear localization of their formation sites and constantly operating enterprises. At the same time, solid organic waste from confectionery industries is only partially used as animal feed, while having significant energy potential.

The aim of the work is to study the possibilities and feasibility of using solid organic waste from confectionery industries as a component in the pellets manufacture, including agropellets.

Solid organic waste from the confectionery production drying process was studied to determine the nature of the change in moisture content depending on the fat content in the samples and their structure. It was determined that for 490–520 min of drying at a temperature 130 °C, almost all samples of waste and their mixtures demonstrate a decrease in moisture content to 20 wt.% at an initial humidity of 70 wt.%. It was found that the highest calorific value for waste wafers with fat filling is 22.8 MJ/kg and exceeds all other common types of raw materials for agropellets in this indicator. The conducted studies have shown that the ratio of sunflower husks and wafers with fat filling affects the mechanical strength of pellets.

The results of the research showed the potential for the agropellets production from a combined composition based on solid organic waste from confectionery industries and sunflower husks. The content of sunflower husks of 40–50 wt.% was determined as optimal for obtaining agropellets with the required properties. With this ratio, it is possible to obtain granules with high mechanical strength and a sufficiently high value of the highest calorific value while maintaining an ash content of no more than 2.1 wt.%.

Key words: *agropellets, wafers with fat filling, cookies, sunflower husk, mechanical strength, highest calorific value, ash content, sustainable management.*

Постановка проблеми. Запорукою енергетичної незалежності України є диверсифікація джерел отримання енергії. Враховуючи наявність потужного аграрного сектору, значної площі лісів та великої кількості підприємств, які займаються переробкою сільськогосподарської продукції, отримання енергії з біомаси є одним з найперспективнішим методом отримання енергії, особливо теплової. Найпоширенішим джерелом для отримання енергії з біомаси є деревина та відходи деревини, які утворюються на деревообробних підприємствах. Пряме використання деревини для отримання енергії чи виготовлення пелет є небажаним як з точки зору екологічного імперативу, так й з економічних міркувань – екосистемні послуги лісів набагато переважають вигоду від отримання енергії. Відходи сільськогосподарських рослин, які утворились після збору врожаю та в наслідок переробки сільськогосподарської продукції, є джерелом для формування агропелет або твердих агробрикетів з метою їх подальшого спалювання та отримання енергії. Ринок агропелет в Україні нестабільний, має ознаки не системності; розробка наукового підґрунтя у створенні агропелет та їх подальшого використання є актуальною задачею. Сталий підхід до управління будь-яким типом відходів включає, в тому числі, його вторинне використання у складі нових матеріалів. З цієї точки зору виготовлення агропелет, які базується на відходах сільського господарства, з додаванням інших типів відходів відповідає концепції сталого поводження з відходами та ієрархії поводження з відходами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ґрунтовні дослідження ринку агропелет, особливостей його функціонування, перспективи розвитку станом до повномасштабного вторгнення росії проведені авторами [1, с. 12]. У даному дослідженні наведені основні технології виготовлення агропелет та необхідне

обладнання; переваги та недоліки кожного виду сировини для виготовлення агропелет; чинники, які стримують розвиток агропелет з кожного окремого виду сировини. Наведені [1, с. 42] у дані щодо підприємств, які виготовляють різноманітні типи агропелет станом на 2025 рік потребують уточнення, адже багато підприємств зазнали руйнування або знаходяться на тимчасово окупованих територіях.

Можливість використання в складі агропелет відходів харчових виробництв проаналізовано авторами у [2, с. 86]. Комплексний підхід до поводження з різними, подібними за хімічною природою відходами є основою сталого розвитку країни.

В якості найпоширенішої сировини для виготовлення агропелет в Україні виступає соняшникове лушпиння, що зумовлено наявністю в Україні великих виробників соняшникової олії, для яких лушпиння є одночасно великотоннажним відходом та джерелом енергії [3, с. 7; 4, с. 39; 5, с. 158; 6, с. 52]. Низька насипна щільність соняшnikового лушпиння – на рівні 170 кг/м^3 – є головним чинником бажаного використання соняшникового лушпиння безпосередньо у місцях утворення, адже транспортування на значні відстані є економічно не доцільним та призводить до суттєвого удорожчання кінцевого продукту [4, с. 40; 5, с. 159].

Інші типи сировини для агропелет, наприклад солома зернових культур, у порівнянні з соняшниковим лушпинням мають ряд недоліків, серед яких слід відзначити необхідність транспортування на значні відстані соломи, її тюкування, улаштування спеціальних проміжних місць накопичення для зберігання перед подальшою масовою переробкою, що в свою чергу пов'язано з особливістю утворення соломи на великих посівних територіях [1, с. 77, 7, с. 24]. Велика територія України та необхідність перевезення відходів від місць їх утворення до місця тимчасового зберігання та місць переробки призводить до виникнення окремої статті витрат, пов'язаної з транспортуванням відходів, що, на думку авторів [1, с. 122; 4, с. 41; 6, с. 53; 7, с. 27; 8, с. 42] є обмежуючим та небажаним фактором в системі управління відходами.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття. Дослідження можливості створення агропелет комбінованого складу, тобто при поєднанні різних типів біосировини на сьогодні практично відсутні. Потенційно комбінування різних типів сировини, в тому числі додавання до рослинної сировини харчових відходів з високими теплоутворюючими властивостями може суттєво підвищити цільові характеристик агропелет та вирішити проблему сталого використання харчових відходів з метою отримання енергії.

Мета статті. Метою статті є дослідження перспективи та доцільності використання твердих органічних відходів кондитерських виробництв в якості компонента при виготовленні агропелет.

Матеріали та методика досліджень. В якості об'єктів дослідження виступали тверді органічні відходи кондитерських виробництв, утворені як безпосередньо на виробництві, так у торгівельних мережах, та суміші на їх основі (таблиця 1); лушпиння соняшникове, яке утворилось після екстракції олії та відповідає вимогам ДСТУ 7124:2009 [9, с. 6].

Для дослідження процесу зменшення вологості зразків твердих органічних відходів кондитерських виробництв процес сушіння проводили за температури 130°C з контролем початкової маси та маси зразків у момент часу з інтервалом у 15, 25 та далі 30 хвилин. Вологість зразків визначали за різницею мас згідно рекомендацій, наведених у ДСТУ 4910:2008 [10, с. 11].

Таблиця 1

Склад та властивості твердих органічних відходів кондитерських виробництв

Зразок	Вміст компонентів, мас. %				Енергетична цінність, КДж/100 г	Вміст жирів, г на 100 г
	вафлі з жировою начинкою	печиво зтяжне	печиво цукрове	вироби з $\geq 10\%$ какаоовмісної глазури		
В	100	0	0	0	2172	27,0
П1	0	100	0	0	1702	8,5
П2	0	0	100	0	1881	15,4
КГ1	0	0	0	100	2160	29,2
ВП1	70	30	0	0	2031	21,5
ВП2	70	0	30	0	2085	23,5
ВП3	30	70	0	0	1843	14,1
ВП4	30	0	70	0	1968	18,9
ВП5	55	15	30	0	1795	17,2
КГ2	0	33,3	33,3	33,3	2003	21,5

Найнижчу та найвищу теплоту згорання для зразків твердих органічних відходів кондитерських виробництв з вмістом води 20 мас.%, а також паливних гранул на їх основі визначали згідно ДСТУ ISO 1928:2006 [11, с. 24], зольність – методом повільного озолення в муфельній печі згідно методики, наведеної у [12, с. 15].

Твердість карамелізованої поверхні зразків твердих органічних відходів кондитерських виробництв визначали з використанням портативного приладу для визначення твердості таблетованих форм згідно методики, описаній у [13, с. 3]. Механічну міцність гранул визначали за різницею мас у відсотках гранул до та після їх обертання у випробувальному барабані (500 обертів), під час чого гранули у хаотичному порядку стикаються одна з одною та зазнають механічних пошкоджень, переважно внаслідок тертя гранул між собою [14, с. 5].

Результати досліджень. Під час транспортування та зберігання твердих органічних відходів кондитерських виробництв (ТОВКВ) на них діють погодні умови, переважно атмосферні осадки, що призводить до збільшення вмісту води у відходах та розвитку плісневих грибів [15, с. 113]. При виготовленні агропелет вміст води у сировині є обмежуючим чинником; у випадку, коли вміст води перевищує рекомендовані значення до технологічної схеми вироблення агропелет додається стадія сушки сировини. Оскільки уникнути збільшення вмісту води у ТОВКВ під час зберігання різними способами та у різних типах пакування майже не можливо [15, с. 114], на першому етапі досліджень було проаналізовано інтенсивність процесу зменшення вмісту води для зразків ТОВКВ різного складу та, відповідно, з різним вмістом жиру. Початковий вміст води всіх зразків становила 70 мас. %.

У перші 15 хвилин здійснення процесу сушки вміст води у всіх зразках зменшується не суттєво, падіння вмісту води становить від 0,61 мас. % (для зразків КГ1 та ВП5) до 2,71 мас. % для зразка ВП1. Це свідчить про повільний процес нагрівання зразків та випаровування води, яка знаходиться у верхніх, легкодоступних шарах зразків (рис. 1). У наступні 25 хвилин процес випаровування води

інтенсифікується, вологість зразків В, П1, ВП3 зменшується на 9,6 мас. % ($\pm 0,2\%$); зразків П2, ВП2, ВП5, ВП4, КГ2 на 7,3 мас. % ($\pm 1,2$) (рис. 1). Через 70 хвилин після початку процесу сушки можна

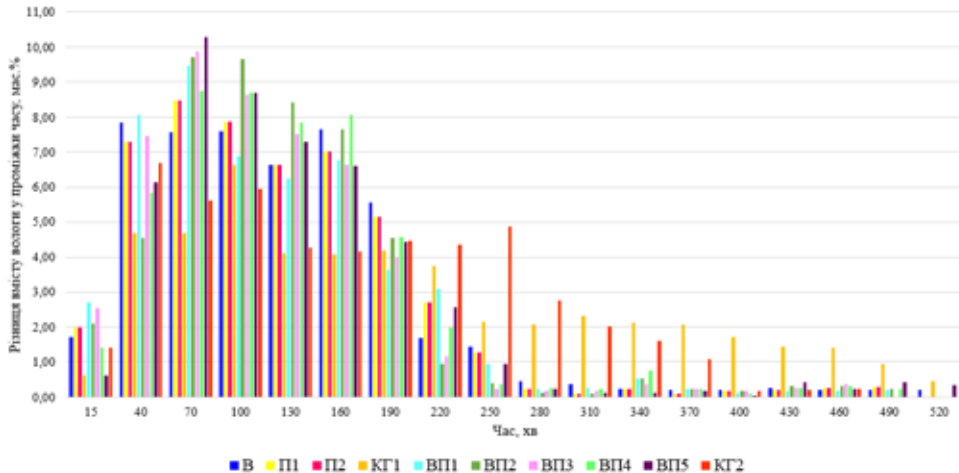


Рис. 1. Зміна вмісту вологи з часом у зразках ТОВКВ при сушці за температури 130 °С

спостерігати середнє зменшення вологості зразків ТОВКВ на 16–20 мас.%, окрім зразків, які містять какаоовмісні відходи. Наявність вафель з жировою начинкою не суттєво уповільнює процес випаровування вологи з сумішей – при збільшенні вмісту вафель з 30 мас.% до 70 мас.% зменшення вологості зразків через 70 хвилин після початку процесу сушки відрізняється в середньому на 0,8 мас.% (рис. 1).

Через 160 хвилин проведення процесу сушки вологість зразків становить 27–30 мас.%, окрім зразків КГ1 та КГ2. За 160 хвилин зі зразків переважно випаровується волога, яка надійшла з атмосфери. Для вафель допустима вологість готових виробів становить <32 мас.% [16, с. 3], для печива – 2–9 мас.% [16]. Проведені раніше дослідження [15, с. 114] показали, що під час зберігання вологості зразків ТОВКВ збільшується до 25–60 мас.% в залежності від пакування, типу ТОВКВ та організаційних умов зберігання. Відповідно, за перші 160 хв процесу сушки зі зразків випаровується зовнішня, надбана відходами з атмосфери волога. Найбільша інтенсивність втрати вологи спостерігається у проміжок часу між 40 та 70 хвилинами та становить 7,56–8,44 мас.% для зразків В, П1, П2.

Через 190 хвилин від початку сушки інтенсивність випаровування вологи поступово знижується; після 250 хвилин вона становить менше 1 мас.% для зразків В, П1, П2 й 2,07 мас.% для КГ1 (рис. 1). У проміжок часу 340–520 хвилин інтенсивність випаровування для зразків В, П1, П2 знаходиться в діапазоні 0,23–0,29 мас.% кожні 30 хвилин та майже не змінюється. Для КГ1 в цей саме проміжок часу спостерігається інший характер зміни вологості – вологість постійно зменшується кожні 30 хв в діапазоні 2,1–0,47 мас.%.

Через 250 хвилин після початку процесу сушки вологість зразків сумішей ТОВКВ становить 22,47 мас.% для ВП4 та 21,93 мас.% для ВП3. Інтенсивність втрати вологи для сумішей ТОВКВ з часом відрізняється від такої для

індивідуальних ТОВКВ та напряму залежить від складу сумішей (рис. 1). Головною відмінністю є більша втрата вологи у проміжок часу між 40 та 70 хвилинами, яка становить 8,73–10,27 мас.% для всіх сумішей, за виключенням какаоовмісної суміші КГ2.

Зменшення інтенсивності випаровування вологи для сумішей ТОВКВ вдвічі спостерігається у проміжок часу між 160 та 190 хвилинами, після 250 хвилин процесу сушки для сумішей ТОВКВ зменшення вологи становить менше 1 мас.% кожні 30 хвилин, проте, на відміну від індивідуальних ТОВКВ, сталість падіння не спостерігається. Це пов'язано з різною інтенсивністю випаровування вологи з окремих компонентів сумішей, що у підсумку впливає на інтенсивність втрати вологи сумішшю в цілому. Більш того, після 400 хвилин здійснення процесу сушки спостерігається незначна інтенсифікація процесу сушки сумішей ТОВКВ, що не характерно для індивідуальних ТОВКВ типу В, П1, П2 (рис. 1).

Однією з причин уповільнення процесу сушки після 250 хвилин для всіх досліджених зразків ТОВКВ є утворення твердої суцільної корки на поверхні зразків. За своїм складом це суміш цукру, жирів та води, які в процесі випаровування дифундували на поверхню та й у яких відбувся процес карамелізації та, можливо, полімеризації [18, с. 324]. Такий процес можливий завдяки локальним перегрівам маси ТОВКВ до температури 140–150 °С у процесі сушки, що було виявлено під час досліджень. Твердість утворених кірок 9,1–10,4 кг/см², що наближена до твердості льодяників, яка становить 7–15 кг/см² [13, с. 5]. Відповідно, процес випаровування за температури 130 °С крізь такі утворення проходить повільно, оскільки після утворення кірки не переходять знов у рідкий стан. При технологічній реалізації процесу сушки необхідно запроваджувати механічне перемішування сумішей, що може бути реалізовано у барабанних сушарках для запобігання утворенню твердих кірок.

Час досягнення вмісту вологи 20 мас.% для ТОВКВ, який було прийнято як бажаний показник вологості сировини для виготовлення агропелет [1, с. 68; 3, с. 9; 7, с. 111] відрізняється для сумішей ТОВКВ та індивідуальних ТОВКВ (табл. 2). Найменший час – 370 хв – необхідний для сушки зразків печива цукрового, що пов'язано з його пористою структурою, а найбільший – 550 хв – для зарків КГ1 та сумішей ТОВКВ ВП5 (табл. 2). Загалом 520 хв є середнім часом сушки ТОВКВ за температури 130 °С для досягнення вологості на рівні 20 мас.%.

Таблиця 2

Час, необхідний для досягнення вмісту вологи 20 мас.% ($\pm 0,1$ мас.%) для ТОВКВ

Параметр	Зразок ТОВКВ									
	В	П1	П2	КГ1	ВП1	ВП2	ВП3	ВП4	ВП5	КГ2
Вологість, мас.%	19,92	20,02	19,97	20,07	20,01	20,02	20,09	20,07	20,01	20,07
Час, хв	520	520	370	550	520	490	490	460	550	460

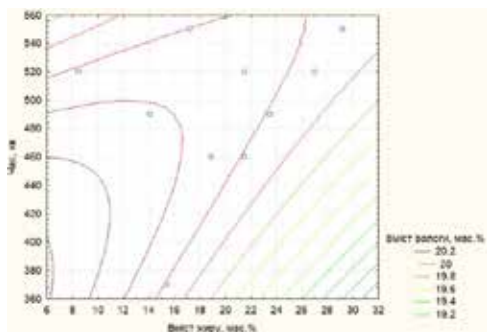
Математична обробка отриманих даних процесу сушки дозволила отримати емпіричне рівняння 1 для прогнозування необхідного часу сушки ТОВКВ до вмісту вологості 20 мас.% в залежності від вмісту жиру. Графічна візуалізація рівняння 1 наведена на рис. 2а, 2б.

$$W = 18,8002 - 0,1224 \cdot x + 0,0104 \cdot y - 0,0008 \cdot x^2 + 0,003 \cdot x \cdot y - 1,6062 \cdot 10^{-5} \cdot y^2, \quad (1)$$

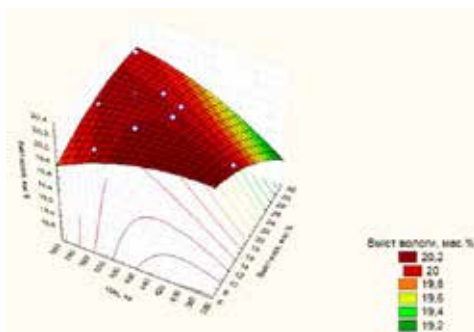
де W – вміст вологи, мас.%;

x – вміст жиру, мас.%;

y – час, хв.



а



б

Рис. 2. Залежність вмісту вологи у ТОВКВ від часу сушки та вмісту жиру
а – 2D візуалізація; б – 3D візуалізація

На другому етапі досліджень було визначено оптимальний склад агропелет, які складаються з суміші соняшникового лушпиння (СШ) та вафель з жирової начинкою (В). Тверді відходи вафель з жировою начинкою завдяки вмісту жиру у начинці мають значення найвищою теплоти згорання на рівні 22,8 МДж/кг, що значно перевищує показники для всієї сировини для виготовлення агропелет, втому числі соняшникового лушпиння й дуже низький рівень зольності – менше 1% (таблиця 3). Проте сформувати гранулу пелет безпосередньо з вафель чи суміші ТОВКВ не можливо, вона не тримає форму та з часом, як й у відходів ТОВКВ, у ній збільшується вміст вологи.

Таблиця 3

Властивості агропелет в залежності від їх складу

Зразок	Вміст компонентів, мас. %		Теплота згорання, МДж/кг		Зольність, %	Механічна міцність, % за EN 15210-1
	В	СЛ	найвища	найнижча		
1	100	0	22,80	18,70	0,61	-
2	0	100	19,05	18,45	3,96	95,6
3	20	80	19,80	18,50	3,29	95,7
4	40	60	20,55	18,55	2,62	96,6
5	50	50	20,93	18,57	2,10	97,5
6	60	40	21,3	18,60	1,50	97,6
7	70	30	21,67	18,62	1,19	83,34

Додавання соняшникового лушпиння у кількості 40 та 50 мас.% (зразки 5 та 6, табл. 3) до вафель з жировою начинкою дозволяє збільшити механічну міцності до $\geq 97,5$, що відповідає нормативним значенням для будь-якого типу пелет [14, с. 5]. Підвищення механічної міцності досягається, вірогідно, завдяки процесам адгезії, які відбувається між вафлями з жировою начинкою та соняшниковим лушпинням під час утворення гранул. Для зразків 5 та 6 (табл. 3) при підвищенні механічної міцності вдається досягти значень найвищої теплоти згорання в діапазоні 20,9–21,3 МДж/кг та зольності не більше 2,1% що є достатнім для ефективного використання отриманих агропелет. Введення СЛ у кількості понад 60 мас.% та менше 30 мас.% не дозволяє отримати агропелети з необхідними властивостями (табл. 3).

Висновки. Результати досліджень показали потенційну можливість виготовлення агропелет комбінованого складу на основі твердих органічних відходів кондитерських виробництв та соняшникового лушпиння. Процес сушки сумішей ТОВКВ та індивідуальних ТОВКВ може бути обов'язковою стадією перед виготовленням агропелет в наслідок накопичення вологи у відходах при їх зберіганні. Досліджений процес сушки ТОВКВ показав, що середній час до досягнення вмісту вологи 20 мас.% становить 520 хв при максимально можливій початковій вологості відходів на рівні 70 мас.%. Інтенсивність процесу сушки найбільша в проміжок часу 40–160 хв від початку процесу. Вміст соняшникового лушпиння 40–50 мас.% було визначено як оптимальний для отримання агропелет з необхідними властивостями. При такому співвідношенні вдається отримати гранули з високою механічною міцністю та достатньо високим значенням найвищої теплоти згорання при збереженні зольності не більше 2,1 мас.%.

Отримані дані можуть бути використані для розробки рецептур агропелет, до яких входять різні типи твердих органічних відходів кондитерських виробництв, що дозволить вирішити дві практичні задачі – підвищити енергонезалежність та запровадити стале управління двома типами органічних відходів, що відповідає політики Україні в сфері поводження з відходами [19, с. 4].

Подальших досліджень потребують процес отримання агропелет з суміші ТОВКВ різного складу та соняшникового лушпиння; можливість отримання агропелет без додаткової стадії сушки ТОВКВ за умови вмісту у них вологи 25–35 мас.% за рахунок сушки безпосередньо під час грануляції, а також дослідження хімічного складу утвореної золи та прийняття рішення щодо можливості її використання в якості добрива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси / Гелетуха Г. та ін. Київ, 2016. 334 с. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/kompleksnii_analiz_ukrayinskogo_rinku_pelet_z_biomasi.pdf (дата звернення: 15.07.2025).
2. Перетяга С.М., Осадчук П.І. Пелети із відходів харчових виробництв. *Аграрний вісник Причорномор'я. Технічні науки*. 2018. Вип.90. С. 84-92.
3. Зубко В., Соколік С. Аналіз технологій та технічних засобів для використання відходів виробництва соняшнику в якості біопалива. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*. 2020. № 1(7). С. 6-10. URL: <http://enm.khntusg.com.ua/index.php/enm/article/view/101> (дата звернення: 31.07.2025).
4. Гавриш В. І. Виробництво соняшникової олії на принципах циркулярної економіки: регіональні аспекти. *Modern Economics*. 2023. № 37. С. 37-44. URL: [https://doi.org/10.31521/modecon.V37\(2023\)-06](https://doi.org/10.31521/modecon.V37(2023)-06) (дата звернення: 05.08.2025)

5. Чехова І.В. Біоенергетична галузь і олійні культури. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 34. С. 156–163
6. Гапонич Л.С., Топал О.І., Голенко І.Л., Кобзар Г.С., Дулієнко С.Г. Перспективи залучення відходів олійноекстракційних заводів України для виробництва теплової та електричної енергії. *Вісник Національного технічного університету «ХП»*. Серія: *Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. 2023. № 4(16). С. 51–59.
7. Клименко В. В. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія / За ред. В.В. Клименка. Кропивницький, 2017. 162 с.
8. Карпій С.Є., Тарабан Є.В., Белоконь К.В., Манідіна Є.А. Управління будівельними відходами на території Запорізької області в умовах війни. *Екологічні науки*. 2024. № 5 (56). С. 40–47.
9. ДСТУ 7124:2009. Лушпиння соняшникове пресоване гранульоване. Технічні умови. Чинний від 2009 – 18 – 12. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 11 с. (Національний стандарт України).
10. ДСТУ 4910:2008. Вироби кондитерські. Методи визначення масової частки вологи та сухих речовин. Чинний від 2009 – 01 – 01. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 15 с. (Національний стандарт України).
11. ДСТУ ISO 1928:2006. Палива тверді мінеральні. Визначення найвищої теплоти згоряння методом спалювання в калориметричній бомбі та обчислення найнижчої теплоти згоряння. Чинний від 2008 – 07 – 01. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 45 с. (Національний стандарт України).
12. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Паливо та обладнання для його спалювання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 144 «Теплоенергетика» / Укл. Соколовська І.Є. Кам'янське: ДДТУ, 2019. 26 с.
13. Datri S., Rao L., Narayana M., Bhavani D., Bhargavi, Bhavani Ya., Meghana Formulation and Evaluation of Herbal Lozenges using Embelia ribes. *Journal of Drug and Alcohol Research*. 2023. Vol. 12, Iss. 2 <https://www.ashdin.com/articles/formulation-and-evaluation-of-herbal-lozenges-using-embelia-ribes-100841.html>
14. ДСТУ EN 15210-1:2013 Тверде біопаливо. Метод визначання механічної міцності пелет і брикетів. Частина 1. Пелети (EN 15210-1:2009, IDT). Чинний від 2014 – 10 – 01. Держспоживстандарт України, 2014. 10 с. (Національний стандарт України).
15. Мірошниченко Д.В., Байрачний В.Б., Адашевський О.В. Комплексний підхід до запобігання пліснявіння твердих органічних відходів кондитерських виробництв як елемент сталого поводження з ними. *Інтегровані технології та енергозбереження : Щоквартальний науково-практичний журнал*. 2024. № 4. С. 111–121.
16. ДСТУ 4033:2018. Вафлі. Загальні технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 7с. (Державний стандарт України).
17. ДСТУ 3781:2014. Печиво. Загальні технічні умови. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 20 с. (Державний стандарт України).
18. Сучасні технології кондитерського виробництва: підручник. / [Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Дрозіч І. А., Кулалаєва Н. В., Романова Г. М.]. – К.: ІПТО НАПН України, 2020. – 440 с.
19. Про управління відходами: Закон України від 20.06.2020р. № 2320-IX. станом на 15 лист. 2024р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 05.03.2025).

Дата першого надходження рукопису до видання: 23.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025