

Д. В. Мірошніченко, д. техн. н., проф., В. Б. Байрачний, к. техн. н., проф.,  
О. В. Адашевський, аспірант

## КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАПОБІГАННЯ ПЛІСНЯВІННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБНИЦТВ ЯК ЕЛЕМЕНТ СТАЛОГО ПОВОДЖЕННЯ З НИМИ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

**Ключові слова:** гумінові кислоти, буре вугілля, плісневі гриби, комбікорм, циркулярна економіка.

**Вступ.** Вітчизняний ринок кондитерських виробів представлений кількома потужними виробниками, таким як корпорація «ROSHEN», «Світоч» (входить у групу компаній Nestle) «АВК», «Konti», «Монделіс Україна», «Бісквіт-Шоколад», «Житомирські ласощі», «Полтава-кондитер», а також низькою локальних виробників. Споживання кондитерських виробів населенням має чіткий сезонний та географічний характер. В залежності від економічної ситуації в країні суттєвих коливань зазнає тільки попит на продукцію преміум сегменту та шоколадні цукерки, тоді як не дорогі та середні за ціною борошняні кондитерські вироби, цукрові вироби мають стабільний попит [1].

Комплексний вплив на стан навколишнього природного середовища від діяльності кондитерських виробництв полягає у утворенні великої кількості стічних вод, у яких переважають органічні забруднювачі, викидах в атмосферу парникових газів та органічного пилю та утворенні великої кількості твердих відходів, в тому числі відходів пакування та твердих органічних відходів.

Тверді органічні відходи кондитерських виробництв (далі – ТОВКВ) утворюються на різних стадіях життєвого циклу кондитерської продукції. До таких відходів відносяться:

- 1) залишки виробництв кінцевої продукції, наприклад обрізки кромки твердих борошняних кондитерських виробів;
- 2) готова продукція, яка втратила свій зовнішній вигляд на одній зі стадій виробництва або під час зберігання безпосередньо на виробництві;
- 3) готова продукція, яка втратила свій зовнішній вигляд на етапі транспортування під час зберігання на гуртових складах або в мережах роздрібною торгівлі;
- 4) продукція, термін споживання якої закінчився та вона повинна бути вилучена з торгівельних мереж.

Перша та друга група може бути умовна об'єднана у групу відходи виробництва, а третя та четверта – відходи споживання.

Велика кількість ТОВКВ, які є ресурсоцінними відходами, накопичується у посередників на складах. Однією з поширених проблем при зберіганні такого типу відходів є їх пліснявіння (активний розвиток цвілевих грибів), що пов'язано як з умовами зберігання, так й з властивостями самих відходів, які фактично є поживними середовищем для розвитку різних типів плісняви [2]. Як екосистемний елемент цвілеві гриби виконують функцію деструктора, руйнуючі органічні речовини та сприяючи руйнуванню, в тому числі, органічних відходів [3].

Одним з елементів сталого поводження з відходами – в межах концепції сталого розвитку та циркулярної економіки – є їх рециклінг з метою отримання інших продуктів чи товарів. При використанні ТОВКВ в якості доданки до комбікормів, плісеневі (цвілеві) гриби є небезпечним елементом, який впливає на потенціал такого використання [2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Розвиток плісневих (цвілевих) грибів у комбікормах призводить до отруєння їхніми токсинами сільськогосподарських тварин, тому є вкрай небажаним явищем, яке може проявитися не тільки на етапі виготовлення комбікормів, а й на етапі зберігання. [4, 5]. Ефективним способом попередження отруєння мікотоксинами є їх нейтралізація та дезактивація за допомогою різноманітних сорбентів, які входять до складу комбікормів. У [4] доведено використання мінеральних сорбентів у складі комбікормів для вигодівлі свиней, у [5] автори зазначають, що ефективним сорбентом мікотоксинів є модифіковані глюкоманнани, які здатні нейтралізувати всі відомі на даний момент мікотоксини у комбікормах. Мікотоксини загрожують не тільки сільськогосподарським тваринам, а є небезпечними для бджіл [6] й загрожують органічному бджолярству.

Загалом плісеневі гриби несуть загрозу як сільськогосподарським тваринам, так й здоров'ю людей, що підтверджується проведеними у роботі [7] дослідженнями, які показали небезпеку для людини плісневих грибів роду *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, оскільки вони продукують найнебезпечніші мікотоксини, в тому числі афлатоксини В1, В2, G1, G2, М1, М2. Автор також наголошує, що деякі мікотоксини можуть продукуватися різними видами плісневих грибів, одночасно з цим один й той же вид плісневих грибів може продукувати кілька видів мікотоксинів.

Останнім часом для попередження розвитку плісневих грибів у різних матеріалах, в тому числі й тих, які контактують з людиною, використовують гумінові кислоти [8–10].

Метою статті є розробка комплексного підходу, який збільшує термін, впродовж якого не відбувається розвитку плісневих грибів у твердих органічних відходах кондитерських виробництв.

**Матеріали та методика досліджень.** У даному дослідженні використовувались наступні матеріали:

1) відходи борошняних кондитерських виробів, а саме тверді органічні відходи виробництва та споживання вафель без жирової начинки, вафель з жировою начинкою та печива без глазури та без начинки (табл. 1, табл. 2). Матеріали зберігались у місці тимчасового накопичення та зберігання таких відходів у м. Харків. Дослідження проводились безпосередньо у місці зберігання. Печиво цукрове – це переважно печиво відоме під назвою «Ювілейний букет», «Цукрове», «На здоров'я», «До кави», печиво з'яжне відповідно – «Марія», «Галетне», «Тваринний світ» різних виробників.

2) лужний розчин гумінових кислот – 8,5 % у NaOH. Гумінові кислоти отримували екстракційним методом з бурого вугілля згідно методики, описаній у [8, 10] у лабораторних умовах.

Для визначення вологості відходів використовували термогравіметричний метод (ДСТУ 4910:2008) та портативний прилад Venetech GM650B для експрес визначення вмісту вологи у зразках в польових умовах.

Digital Microscope HDcolor CMOS Sensor (China) використовували для мікроскопічного аналізу плісневих грибів, визначення площі ураженої плісневими грибами та глибини проникнення плісневих грибів.

Таблиця 1 – Склад досліджуваних зразків твердих органічних відходів борошняних кондитерських виробів

Зразок	Вміст компонентів, мас. %				Джерело походження
	вафлі		печиво		
	без жирової начинки	з жировою начинкою	затяжне	цукрове	
В1	100	0	0	0	відходи виробництва
В2	0	100	0	0	відходи виробництва
В3	100	0	0	0	відходи споживання
В4	0	100	0	0	відходи споживання
П1	0	0	100	0	відходи виробництва
П2	0	0	0	100	відходи виробництва
П3	0	0	100	0	відходи споживання
П4	0	0	0	100	відходи споживання
ВП1	70	0	30	0	відходи виробництва
ВП2	70	0	0	30	відходи виробництва
ВП3	0	70	30	0	відходи виробництва
ВП4	0	70	0	30	відходи виробництва
ВП5	0	55	15	30	суміш, утворена безпосередньо в місці зберігання

Таблиця 2 – Усереднена харчова цінність відходів у перерахунку на 100 грам

Зразок	Енергетична цінність, кДж	Жири, г	Вуглеводи, г	Білки, г	Інші компоненти, г
В1, В3 <sup>1</sup>	1618	3,9	76,7	11,3	8,1
В2, В4 <sup>1</sup>	2172	27	65	7,5	0,5
П1, П3 <sup>1</sup>	1702	8,5	72,4	9	10,1
П2, П4 <sup>1</sup>	1881	15,4	69,0	7,0	8,6
ВП1 <sup>2</sup>	1643	5,3	74,4	10,2	10,1
ВП2 <sup>2</sup>	1678	7,4	74,4	10,1	8,1
ВП3 <sup>2</sup>	2031	21,5	67,2	7,9	3,4
ВП4 <sup>2</sup>	2085	23,5	66,2	7,3	3,0
ВП5 <sup>2</sup>	1795	17,2	63,8	6,7	12,3

Примітки: 1 – згідно даних виробників; 2 – визначено згідно рекомендацій наведених у [11,12].

**Обговорення результатів.** Проведений аналіз системи зберігання ТОВКВ [13] показав, що у прифронтових областях переважна більшість таких відходів зберігається відкритим способом на складах підприємств – посередників або навіть на промайданчиках виробників. Такий підхід є виправданим з економічної точки зору тільки за умови швидкого використання ТОВКВ у складі комбікормів для тварин. Частка ТОВКВ, які зберігаються більше 60 діб на складах збільшилась до 65% після початку повномасштабного вторгнення проти 35 % до 24.02.2024 (за власними оцінками керівників підприємств посередників), що спричинено масштабними руйнуванням як місць зберігання відходів, так й тваринницьких комплексів, логістичних ланцюгів та необхідністю пошуку нових споживачів.

Комплексний підхід до збільшення терміну, впродовж якого в ТОВКВ не відбувається активного розвитку плісневих грибів, включає в себе два етапи: організаційний та бактерицидний.

Організаційний етап передбачає комплекс заходів, які зменшують контакт ТОВКВ з атмосферними опадами. В даному дослідженні порівнювались наступні умови тимчасового накопичення та зберігання ТОВКВ:

1) відкритим способом штабелями різної висоти на дерев'яних піддонах у різному пакуванні;

2) під навісом, який зменшує контакт з атмосферними опадами. У випадку дощу низької інтенсивності за відсутності шквального вітру захищеними від осадів виявляються 90% верхніх рядів, а за умови інтенсивного дощу (зливи, кількість осадів 56 мм за годину й більше) до 45% бокової поверхні штабелів мають контакт з водою.

Кількість атмосферних опадів та температурні коливання [14] під час експерименту у м. Харків в травні – липні 2024 року наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Характеристика погодних умов під час експерименту

Період експерименту, день	Кількість атмосферних опадів, мм	Середня температура, °С	
		денна	нічна
1–30	25,9	20,2	12,2
31–60	28,9	24,7	16,2
61–90	18,9	27,4	18,2

Збільшення вологості відходів призводить до стрімкого росту плісневих грибів у всіх зразках твердих органічних відходів кондитерських виробництв (табл. 4, рис. 1). Зауважимо, що період спостережень у 2024 р. був посушливий, особливо у порівнянні з кліматичною нормою, яка становить 50–75 мм осадків у травні, червні та липні. У сумішах, до складу яких входять вафлі з жирною начинкою (В2, В4, ВП3, ВП4, ВП5) найшвидше відбувається розвиток плісневих грибів не тільки тому, що вони мають найбільший початковий та кінцевий вміст вологи, а й завдяки наявності самої жирної начинки, яка є поживним середовищем для розвитку плісневих грибів. При проведенні експерименту у лабораторних умовах при стабільній вологості повітря 75 % плісневі гриби у вафлях з жирною начинкою розвивались на 102 добу, тоді як у вафлях без жирної начинки – на 154 добу.

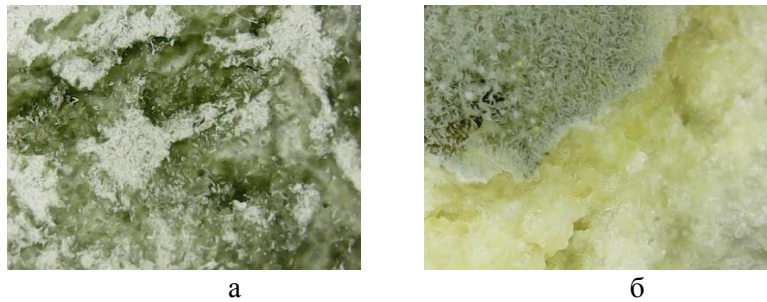
Прості організаційні заходи, такі як навіс, збільшують термін зберігання ТОВКВ без прояву плісневих грибів в середньому на 20 діб, в залежності від типу пакування та типу відходів. Для відходів споживання, які потрапляють в індивідуальному порційному полімерному пакуванні та зберігаються у картонних ящиках (В3, В4, П3, П4), в цілому спостерігається більший термін зберігання до появи плісневих грибів та не таке суттєве збільшення вологості відходів, як у випадку зберігання відходів у біг бегах, конструкція яких є не щільною, що призводить до полегшення потрапляння води до відходів. До відходів споживання вода потрапляє тільки внаслідок порушення цілісності індивідуального пакування, що неодмінно відбувається при їх зберіганні у торговельних мережах та перевезенні.

Таблиця 4 – Час появи плісневих грибів в залежності від вологості твердих органічних відходів кондитерських виробництв

Зразок	Вологість зразків <sup>1</sup> , %			Тип пакування	Час до появи плісневих грибів на поверхні, метод мікроскопії, діб	
	нормативна згідно ДСТУ	на початку експерименту	у момент виявлення плісневих грибів			
В1	<4,5 [11]	25	55 <sup>2</sup>	Біг бег, 25 кг	39 <sup>2</sup>	
			32 <sup>3</sup>		62 <sup>3</sup>	
В2	<32 [11]	41	66		25	
			49		53	
В3	<4,5 [11]	15	35		Порційне полімерне пакування, складене у картонні коробки	60
			20			75
В4	<32 [11]	22	47	35		
			34	61		
П1	2–9 [12]	18	42	Біг бег, 25 кг	50	
			24		68	
П2	5–9 [12]	19	44		51	
			26		66	
П3	2–9 [12]	12	35	Порційне полімерне пакування, складене у картонні коробки	68	
			19		82	
П4	5–9 [12]	14	37		65	
			20		78	
ВП1	не нормується	23	53	Біг бег, 25 кг	40	
			30		64	
ВП2		24	54		41	
			32		66	
ВП3		33	63		27	
			44		57	
ВП4		34	65		26	
			45		59	
ВП5		37	58		34	
			36		70	

Примітки: 1 – визначена згідно [15]; 2 – перше значення для зразків, що зберігались без організаційних заходів; 3 – друге значення для зразків, що зберігались під навісом.

У зразках відходів В1-В4 за методикою, описаною у [16], було визначено, що основний вид плісневих грибів – *Aspergillus niger* й загальна контамінація становить  $26,50 \times 10^4$  спор у 1 грамі. Такий вміст у 5 разів більше, ніж допустима норма для готових комбікормів [16]. Таким чином не можливо використовувати дані відходи для виготовлення комбікормів без додаткових енергетичних витрат на їх двократне знезараження шляхом просушування за температури 180–200 °С для нейтралізації плісневих грибів [17].



а – на поверхні зразка В3; б – на поверхні зразка П1  
Рисунок 1 – Мікроскопічне виявлення плісневих грибів

Другий етап комплексного підходу до запобігання пліснявінню ТОВКВ полягає в обробці поверхні відходів лужним розчином гумінових кислот у розрахунку 5 мас.%. Отримані дані (рис. 2) свідчать про здатність гумінових кислот суттєво уповільнювати розвиток плісневих грибів та збільшувати термін зберігання ТОВКВ навіть відкритим способом.

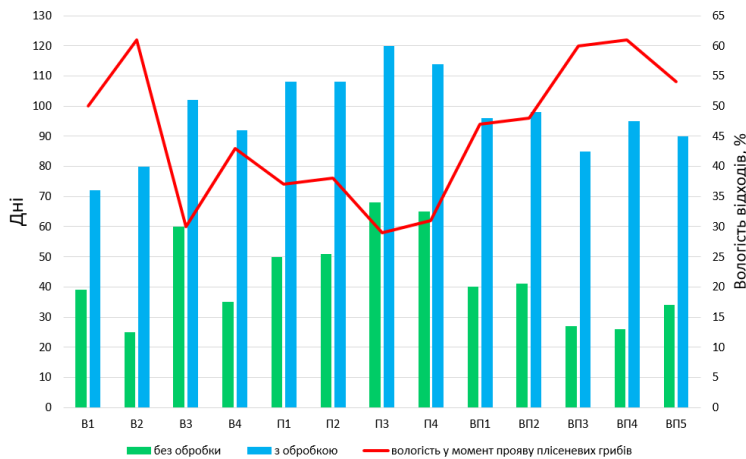


Рисунок 2 – Вплив обробки ТОВКВ лужним розчином гумінових кислот на термін до появи плісневих грибів

При цьому спостерігається незначне зменшення вологості зразків у момент виявлення плісневих грибів при обробці їх гуміновими кислотами. Наприклад, для відходів, які містять вафлі з жировою начинкою (В2, В4, ВП3, ВП4, ВП5) термін до прояву плісневих грибів збільшується в середньому на 50 днів. При цьому гумінові кислоти не несуть потенційного ризику тваринам при виготовленні корму з додаванням ТОВКВ, оброблених ними, оскільки по-перше, їх додається всього 5 мас.%, а по друге гумінові кислоти є складовою багатьох кормових доданок для худоби, наприклад ТМ «Greennat», «Reasil» та позитивно впливають на стан здоров'я худоби [18].

**Висновки.** При реалізації сталого підходу до поводження з твердими органічними відходами кондитерських виробництв одним з пріоритетних напрямків є їх використання в якості доданки до комбікормів для різних свійських тварин. Такий підхід також є елементом циркулярної економіки. Використання ТОВКВ у складі комбікормів часто обмежується швидким проявом плісневих грибів на органічних відходах внаслідок підвищення їх вологості та наявності поживного середовища. Уражені плісневими грибами ТОВКВ економічно не доцільно використовувати, адже для знезараження необхідно витратити додаткові ресурси на просушування. Враховуючи поточну ситуацію з руйнуванням приміщень складів, одним з методів збільшити терміну до прояву плісневих грибів у ТОВКВ є їх зберігання під найпростішими навісами для зменшення контакту з атмосферними осадами, адже розвиток плісневих грибів пришвидшується зі збільшенням вологості органічних відходів. Другим апробованим дієвим методом є обробка відходів лужним розчином гумінових кислот, сировинною базою для отримання яких є буре вугілля. Поклади бурого вугілля є значними на території України, проте його використання в якості палива є низькоефективним.

Подальшого дослідження потребує пошук оптимальної масової частки нанесення гумінових кислот для отримання найбільшого терміну безплісеневого зберігання ТОВКВ, беручи до уваги склад ТОВКВ та економічний фактор, тобто витрат на збільшення кількості гумінових кислот.

#### Література

1. Сорокіна А.М. Аналіз сучасного стану підприємств кондитерської галузі України та шляхи підвищення економічної ефективності виробництва з запровадженням інновацій. Вісник ХНТУ. 2023. № 4(87). С. 429–436.
2. Адашевський О.В. Використання твердих відходів кондитерських фабрик при виробництві комбікормів як елемент сталого розвитку України. Екологічні науки: науково-практичний журнал. 2023. № 1(46). С. 179–183.
3. Малишок І.О., Фролова Ю.М. Цвілеві гриби як показник натуральності продуктів харчування. Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи: матеріали III Всеукр. наук.-метод. конф., 19 квітня 2018 р. Суми: Сумський державний університет, 2018. С. 93–94.
4. Бегма Н. А. Попередження мікотоксикозів і зниження втрат в умовах виробництва ефективним адсорбентом. Проблеми годівлі тварин в умовах високоінтенсивних технологій виробництва і переробки продукції тваринництва: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 80-річчю від дня народж. видатного вченого, д-ра с.-г. наук, проф. Л. С. Д'яченка, 1–2 лют. 2019 р. Біла Церква: Білоцерківський НАУ, 2019. С. 3–7. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/1736>.
5. Лихач В.Я., Лихач А. В., Фаустов Р.В., Задорожній В. В., Комплексний препарат «Гепасорбекстм» у промисловому свинарстві Тваринництво України. 2019. №2. С. 32–36.
6. Ткачук В.І., Андрійчук В.Ф., П'яківський В.М. Мікотоксини – як загроза органічному бджільництву. Органічне виробництво і продовольча безпека : зб. матеріалів доп. учасн. IV Міжнар. наук.-практ. конф., 12–13 травня 2016р. Житомир: О.О. Євенок, 2016. С. 162–170.
7. Решетило Л.І. Мікробіологічна безпека харчових продуктів: плісневі гриби та ризики отруєння їх токсинами. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2020. №24. С. 58–65.

8. Лебедев В.В., Мірошніченко Д.В., Савченко Д.О., Тихомирова Т.С. Розробка та дослідження гібридних екологічно чистих біодеградабельних плівок з бактерицидними властивостями. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2022. Т. 33 (72). № 3. С. 87–91. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.3/14>.

9. Lebedev V.V., Miroshnichenko D.V., Mysiak V.R. [et al.] Hybrid eco-friendly biodegradable construction composites modified with humic substances. Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture = Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури. 2022. № 87. Р. 92–99.

10. Лебедев В.В., Мірошніченко Д.В., Савченко Д.О., Тихомирова Т.С., Забіяка Н.А. Дослідження біодеградабельних плівок на основі етерів целюлози з бактерицидними властивостями. Інтегровані технології та енергозбереження. 2022. № 2. С. 55–64. URL: <http://doi.org/10.20998/2078-5364.2022.2.05>.

11. ДСТУ 4033:2018. Вафлі. Загальні технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 7с. (Державний стандарт України).

12. ДСТУ 3781:2014. Печиво. Загальні технічні умови. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 20 с. (Державний стандарт України).

13. Байрачний В.Б., Адашевський О.В. Дослідження впливу місць зберігання твердих кондитерських відходів на прилеглі екосистеми. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2024. Вип. 136. Ч. 1. С. 266–273.

14. Архів погоди. Електронний ресурс. URL: <https://meteopost.com/weather/archive/> (дата звернення 22.11.2025).

15. ДСТУ 4910:2008. Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 22 с. (Державний стандарт України).

16. Ображей А.Ф., Погребняк Л.І., Корзуненко О.Ф., Васянович О.М. та ін. Методичні вказівки по санітарно-мікологічній оцінці та поліпшенню якості кормів. Затверджені Державним департаментом ветеринарної медицини Міністерства АПК України № 15-14-73 від 06.03.1998 р. Київ, 1998. 107 с.

17. Про затвердження Переліку речовин, наявність яких у кормах є обмеженою або забороненою: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 2691 від 16.08.2024 / Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1326-24#n7> (дата звернення: 19.11.2024).

18. Рильський О.Ф., Петруша Ю.Ю., Домбровський К.О., Охріменко С.Г. Вплив гумінових та фульвових кислот на живі організми та перспективи їх застосування в сільському господарстві, медицині та ветеринарії. Агроекологічний журнал. 2023. №3. С. 143–153.

#### Bibliography (transliterated)

1. Sorokina A.M. (2023). Analiz suchasnoho stanu pidpriemstv kondyterskoi haluzi Ukrainy ta shliakhy pidvyshchennia ekonomichnoi efektyvnosti vyrobnytstva z zaprovadzhenniam innovatsii . Visnyk KhNTU, № 4(87), P. 429–436.

2. Adashevskiy O.V. (2023). Vykorystannia tverdykh vidkhodiv kondyterskykh fabryk pry vyrobnytstvi kombikormiv yak element staloho rozvytku Ukrainy. Ekolohichni nauky: naukovo-praktychnyi zhurnal, № 1(46), P.179–183.

3. Malyshok I.O., Frolova Yu.M. (2018) Tsvilevi hryby yak pokaznyk naturalnosti produktiv kharchuvannia. Osvita, nauka ta vyrobnytstvo: rozvytok ta perspektyvy: materialy



III Vseukr. nauk.-metod. konf. 19 kvitnia 2018r. Sumy: Sumskyi derzhavnyi universytet, P.93–94.

4. Behma N. A. (2019) Poperedzhennia mikotoksykoziv i znyzhennia vtrat v umovakh vyrobnytstva efektyvnym adsorbentom. Problemy hodivli tvaryn v umovakh vysokointensyvnykh tekhnologii vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: materyaly Mizhnar. nauk.-prakt. konf., prysviach. 80-richchiu vid dnia narodzh. vydatnoho vchenoho, d-ra s.-h. nauk, prof. L. S. Diachenka 1-2 liut. 2019 r. Bila Tserkva: Bilotserkivskiyi NAU, P. 3–7. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/1736>.

5. Lykhach V.Ia., Lykhach A. V., Faustov R.V., Zadorozhnyi V. V. (2019) Kompleksnyi preparat «Hepasorbekstm» u promyslovomu svynarstvi. Tvarynnytstvo Ukrainy, №2, P. 32–36.

6. Tkachuk V.I., Andriichuk V.F., Piaskivskiyi V.M. (2016) Mikotoksyny – yak zahroza orhanichnomu bdzhilnytstvu. Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka : zb. materialiv dop. uchasn. IV Mizhnar. nauk.-prakt. konf. 12-13 travnia 2016r. Zhytomyr: O.O. Yevenok, P. 162–170.

7. Reshetylo L.I. (2020) Mikrobiolohichna bezpeka kharchovykh produktiv: plisenevi hryby ta ryzyky otruiennia yikh toksynamy. Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky, №24, P. 58–65.

8. Lebedev V.V., Miroshnichenko D.V., Savchenko D.O., Tykhomyrova T.S. (2022) Rozrobka ta doslidzhennia hibrydnykh ekolohichno chystykh biodehradabelnykh plivok z bakterytsydnymy vlastyvostiamy Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho. Serii: Tekhnichni nauky, Vol. 33 (72), № 3, P. 87–91. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.3/14>.

9. Lebedev V.V., Miroshnichenko D.V., Mysiak V. R. [et al.] (2022) Hybrid eco-friendly biodegradable construction composites modified with humic substances. Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, № 87, P. 92–99.

10. Lebedev V.V., Miroshnychenko D.V., Savchenko D.O., Tykhomyrova T.S., Zabiia N.A. (2022) Doslidzhennia biodehradabelnykh plivok na osnovi eteriv tseliulozy z bakterytsydnymy vlastyvostiamy. Intehrovani tekhnologii ta enerhozberezhennia, № 2, P. 55–64. URL: <http://doi.org/10.20998/2078-5364.2022.2.05>.

11. DSTU 4033:2018. Vafli. Zahalni tekhnichni umovy. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2018. 7 p.

12. DSTU 3781:2014. Pechyvo. Zahalni tekhnichni umovy. Kyiv: Minekonomrozyvtku Ukrainy, 2015. 20 p.

13. Bairachnyi V.B., Adashevskiyi O.V. (2024) Doslidzhennia vplyvu mistv zberihannia tverdykh kondyterskykh vidkhodiv na pryehli ekosystemy Tavriiskiyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky, Vyp. 136, Ch. 1, P. 266–273.

14. Arkhiv pohody. Elektronnyi resurs. URL: [https://meteopost.com/weather/archive/\(data zvernennia 22.11.2025\)](https://meteopost.com/weather/archive/(data%20zvernennia%2022.11.2025)).

15. DSTU 4910:2008. Vyrobny kondyterski. Metody vyznachennia masovykh chastok volohy ta sukhykh rehovyn. Tekhnichni umovy. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2008. 22 p.

16. Obrazhei A.F., Pohrebniak L.I., Korzunenکو O.F., Vasianovych O.M. (1998) ta in. Metodychni vkazivky po sanitarno-mikolohichnii otsintsi ta polipshenniu yakosti kormiv. Zatverdzeni Derzhavnym departamentom veterynarnoi medytsyny Ministerstva APK Ukrainy № 15-14-73 vid 06.03.1998 r. Kyiv, 107 p.

17. Pro zatverdzhennia Pereliku rehovyn, naiavnist yakykh u kormakh ye obmezhenoiu abo zaboronenoii: Nakaz Ministerstva ahrarnoi polityky ta prodovolstva

Ukrainy № 2691 vid 16.08.2024 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1326-24#n7> (data zvernennia: 19.11.2024).

18. Ryl'skyi O.F., Petrusha Yu.Iu., Dombrovskiy K.O., Okhrimenko S.H. (2023) Vplyv huminovykh ta fulvovykh kyslot na zhyvi orhanizmy ta perspektyvy yikh zastosuvannia v sil'skomu hospodarstvi, medytsyni ta veterynarii. Ahroekolohichniy zhurnal, №3, P. 143–153.

УДК 352/353

Д. В. Мірошніченко, В. Б. Байрачний, О. В. Адашевський

### **КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАПОБІГАННЯ ПЛІСНЯВІННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБНИЦТВ ЯК ЕЛЕМЕНТ СТАЛОГО ПОВОДЖЕННЯ З НИМИ**

Стале поводження з відходами різного типу передбачає як їх мінімізацію їх кількості шляхом удосконалення технологічних процесів, так й використання відходів в якості ресурсів. Велика кількість твердих органічних відходів кондитерських виробництв містять харчові елементи, які можуть бути використані в якості доданок при виготовленні комбікормів. Таким чином досягається здешевлення готових комбікормів без втрати їх якості, а також відбувається вторинне використання твердих органічних відходів кондитерських виробництв, що відповідає загальноприйнятій ієрархії управління відходами. Головним обмежуючим фактором використання такого типу відходів у складі комбікормів є швидкий розвиток плісневих грибів, який зумовлений, в тому числі, збільшенням вологості відходів при їх зберіганні відкритим способом на промислових майданчиках.

Метою роботи було дослідити ефективність розробленого комплексного підходу для збільшення терміну зберігання без прояву плісневих грибів для твердих органічних відходів кондитерських виробництв .

У роботі використані наступні методи дослідження: натурні – для спостереження за розвитком плісневих грибів в реальних умовах зберігання твердих органічних відходів кондитерських виробництв відкритим способом; лабораторні для визначення вологості відходів у різні моменти часу згідно ДСТУ 4910:2008 та санітарно-мікологічні оцінки відходів.

Використання найпростіших засобів зменшення контакту атмосферних осадів з твердими органічними відходами кондитерських виробництв – навісів – дозволяє збільшити термін до прояву плісневих грибів на 20 й більше діб, в залежності від складу відходів. Швидший розвиток плісневих грибів характерен для відходів, які містять більше 50 % вафель з жировою начинкою. Обробка твердих органічних відходів кондитерських виробництв лужним розчином гумінових кислот, отриманих з бурого вугілля, збільшує термін до прояву плісневих грибів в середньому на 50 діб. Поєднання двох способів є ефективним для збільшення терміну зберігання твердих органічних відходів кондитерських виробництв перед їх використанням у складі комбікормів. Таким чином можливе збільшення частки використання таких відходів у складі комбікормів.

Запропонований комплексний підхід для збільшення терміну зберігання твердих органічних відходів кондитерських виробництв дозволяє збільшити частку відходів, які придатні для вторинного використання у складі комбікормів. Застосування лужних розчинів гумінових кислот в якості бактерицидного заходу для твердих органічних відхо-

дів кондитерських виробництв є виправданим з точки зору сталого підходу до використання бурого вугілля, дозволяє підвищити харчову цінність кінцевих комбікормів та зменшує енерговитрати на усунення плісневих грибів.

**Ключові слова:** гумінові кислоти, буре вугілля, плісневі гриби, комбікорм, циркулярна економіка.

D. V. Miroshnychenko, V. B. Bayrachny, O. V. Adashevsky

### **A COMPREHENSIVE APPROACH TO PREVENTING MOLD GROWTH OF SOLID ORGANIC WASTE FROM CONFECTIONERY PRODUCTION AS THEIR SUSTAINABLE MANAGEMENT ELEMENT**

Waste sustainable management involves both minimizing their quantity by improving technological processes and using waste as resources. A large amount of solid organic waste from confectionery industries contains food elements that can be used as additives in compound feeds production. This reduces compound feeds cost without losing their quality, and also provides for the secondary use of solid organic waste from confectionery industries, which corresponds to the generally accepted waste management hierarchy. The main limiting factor for this waste type using in compound feeds is mold fungi rapid development, which is due, among other things, to an increase in the waste humidity when stored in an open manner at industrial sites.

The aim of the work was to research developed integrated approach effectiveness to increase the shelf life without the mold fungi appearance for solid organic waste from confectionery industries.

The following research methods were used in the work: field – to observe the mold fungi development in real storage conditions of solid organic waste from confectionery industries in an open way; laboratory – to determine the moisture content of waste at different times according to DSTU 4910:2008 and sanitary and mycological waste assessment.

The use of the simplest measures to reduce the atmospheric contact precipitation with solid organic waste from confectionery industries – canopies – allows us to increase the period until the mold fungi appearance by 20 or more days, depending on the waste composition. Faster mold fungi development is characteristic of waste that contains more than 50 % wafers with fat filling. Solid organic waste from confectionery industries treatment with humic acids alkaline solution obtained from brown coal increases the period until the mold fungi appearance by an average of 50 days. The two methods combination is effective for increasing the shelf life of solid organic waste from confectionery industries before their use in compound feeds. Thus, it is possible to increase the share such waste use in compound feeds.

The proposed integrated approach to increasing the shelf life of solid organic waste from confectionery industries allows to increase the waste share that is suitable for secondary use in compound feeds. The humic acids alkaline solutions using as a bactericidal measure for solid organic waste from confectionery industries is justified from the sustainable approach for brown coal using, allows to increase the nutritional value of the final compound feeds and reduces energy costs for mold fungi elimination.

**Keywords:** humic acids, brown coal, mold fungi, compound feed, circular economy.