

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 637.5.02

Ткаченко А. С.,

alina_biaf@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5521-3327

к.т.н., доц., директорка Навчально-наукового інституту бізнесу та сучасних технологій,
Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава

Губа Л. М.,

ORCID ID: 0000-0003-1008-6023

к.т.н., доц., заступник директора Навчально-наукового інституту бізнесу та сучасних технологій,
Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава

БІОДЕГРАДАБЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ ПАКУВАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ОРГАНІЧНИХ КЕКСІВ

Анотація. В роботі наведено результати досліджень змін органолептичних та мікробіологічних показників, а також пероксидного числа розроблених органічних кексів «Гречаник» та «Житниця» протягом 7 днів зберігання. Зразки були упаковані у біорозкладну упаковку для харчових продуктів (паперовий пакет для борошняних виробів з віконцем) Shantou Weiyi Packaging Co., Ltd та індивідуальну біорозкладну PET упаковку для харчових продуктів Stand Up Pouch. Кекси зберігалися за температури $(18\pm 2)^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря 75%. Для дослідження використані стандартні методи і методики. Органолептичну експертизу зразків здійснювали методами сенсорного аналізу на основі дегустаційної оцінки. Пероксидне число у ліпідній фракції кексів було досліджено йодометричним методом. Мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми визначали за допомогою обчислення колоній, які зростають на твердому живильному середовищі після інкубації за температури 30°C . Бактерії групи кишкових паличок визначали методом, який базується на здатності розщеплювати глюкозу та лактозу. Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Сальмонела визначали методом, який базується на виявленні характерного росту колоній на агаризованих диференційно-діагностичних середовищах. Встановлено, що після 7 днів зберігання кексів органолептичні показники погіршилися не суттєво. Проте кращі оцінки мали зразки, упаковані в індивідуальному біорозкладному PET пакуванні. Зростання пероксидного числа під час зберігання найбільш суттєвим було у виробках, які зберігалися у паперовому пакеті. Пероксидне число ліпідної основи кексу «Гречаник» збільшилося у 4 рази, а ліпідної основи кексу «Житниця» – у 3 рази. У зразках, що зберігалися у PET-пакуванні пероксидне число ліпідів кексу «Гречаник» збільшилося у 3,5 рази, а кексу «Житниця» – у 2,7 рази. Після 7 днів зберігання у жодному зразку не було перевищено значення вмісту МАФМ, проте найменший вміст МАФМ було зафіксовано у обох зразках, які зберігалися в індивідуальному PET пакуванні. Бактерій групи кишкової палички та патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерій групи Salmonella у зразках не виявлено. В цілому вміст мікробіологічних показників не перевищував допустимих меж у обох зразках, не залежно від типу пакування. Подальші дослідження планують присвятити дослідженню збереженості показників якості та безпеки кексів у інших пакувальних матеріалах.

Ключові слова: біодеградабельні матеріали, пакування, органічна продукція, показники безпеки, термін зберігання кексів.

Tkachenko A. S.,
alina_biaf@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5521-3327
Ph.D., Associate Professor, Director of the Educational and Scientific Institute of Business
and Innovative Technologies,
Poltava University of Economics and Trade, Poltava

Guba L. M.,
ORCID ID: 0000-0003-1008-6023
Ph.D., Associate Professor, Deputy Director of the Educational and Scientific Institute of Business
and Innovative Technologies,
Poltava University of Economics and Trade, Poltava

BIODEGRADABLE MATERIALS AS A PROMISING PACKAGING MATERIAL FOR ORGANIC CAKES

Abstract. *The paper presents the results of studies of changes in organoleptic and microbiological parameters, as well as the peroxide number of developed organic cakes "Grechanyk" and "Zhytnytsia" during 7 days of storage. The samples were packed in biodegradable food packaging (paper bag for flour products with a window) Shantou Weiyi Packaging Co., Ltd and individual biodegradable PET packaging for food Stand Up Pouch. Cupcakes were stored at a temperature of $(18\pm 2)^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of 75%. Standard methods and techniques were used for the study. Organoleptic examination of the samples was performed by methods of sensory analysis based on tasting evaluation. The peroxide number in the lipid fraction of cupcakes was investigated by iodometric method. Mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms were determined by calculating colonies growing on solid nutrient medium after incubation at 30°C . Bacteria of the *Escherichia coli* group were determined by a method based on the ability to break down glucose and lactose. Pathogenic microorganisms, including bacteria of the genus *Salmonella* were determined by a method based on the detection of characteristic colony growth on agar differential diagnostic media. It was found that after 7 days of storage of cupcakes organoleptic characteristics did not deteriorate significantly. However, samples packed in individual biodegradable PET packaging had the best scores. The increase in peroxide value during storage was most significant in products stored in a paper bag. The peroxide number of the lipid base of the "Grechanyk" cake increased 4 times, and the lipid base of the "Zhytnytsia" cake increased 3 times. In the samples stored in the PET package, the peroxide number of lipids of "Grechanyk" cake increased 3.5 times, and "Zhytnytsia" cake increased 2.7 times. After 7 days of storage, the MAFAM content was not exceeded in either sample, but the lowest MAFAM content was recorded in both samples, which were stored in an individual PET package. Bacteria of the *Escherichia coli* group and pathogenic microorganisms, including *Salmonella* bacteria, were not detected in the samples. In general, the content of microbiological indicators did not exceed the permissible limits in both samples, regardless of the type of packaging. Further research will be devoted to the study of the safety and quality of cupcakes in other packaging materials.*

Key words: biodegradable materials, packaging, organic products, safety indicators, shelf life. cupcakes.

JEL Classification: L 15, L 66

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-23-31>

Постановка проблеми. Збереження органолептичних властивостей, показників безпечності, а також біологічної цінності є важливим аспектом у харчовій промисловості. У той же час, швидкий розвиток індустрії пакувальних матеріалів призводять до проблеми утилізації плівкових відходів [1]. До 2050 року прогнозується зростання харчових відходів до понад 200 мільйонів тонн, та збільшення харчової продукції у світовому на 50% [2]. Ці дані свідчать про доцільність пошуку застосування пакувальних матеріалів, що є екологічно безпечними.

Нині існують такі способи корисного використання вторинної полімерної сировини: повторне використання; спалювання; термічне розкладання (піроліз, деструкція, розкладання до вихідних мономерів); вторинна переробка. Слід зазначити, що при спалюванні відбувається безповоротна втрата цінної хімічної сировини та забруднення довкілля шкідливими речовинами димових газів [3]. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми у харчовій промисловості може бути застосування біодеградабельних матеріалів. Варто зазначити, щоб пластиковий виріб

міг називатися біодеградабельним, експериментально має бути доведено, що він розкладається на 90% протягом 90 днів

Перший в світі біодеградабельний пластик на основі крохмалю був отриманий в 1989 році італійською промисловою корпорацією Ferruzzi Finanziaria. В даний час численні фірми в США, Японії, країнах Європи ведуть розробки нових видів пластмас методом послідовного вкраплення крохмалю в полімерні ланцюжки [4]. Зараз все більшої популярності набувають біодеградабельні матеріали, які після використання розкладаються до двоокису вуглецю, води і біомаси – гумусу [5]. Отже, зважаючи на вищевикладене та на важливість наслідків забруднення екології, дослідження перспектив застосування біодеградабельних матеріалів для харчових продуктів є надзвичайно актуальною науковою проблемою.

Аналіз останніх джерел. На сьогоднішній день відомі наступні види біодеградабельних матеріалів: традиційні пластики з біодеградабельних матеріалів (PBAT, PBS, PCL, PVAL, PGA); традиційні пластики, співполімеризовані з гідролітично нестійкими компонентами; полімери на основі крохмалю; полімери на основі бактерій (PHA); мономери на основі бактерій (PLA) [6].

Полімери на основі бактерій (PHA). Ці полімери виробляються безпосередньо природними або генетично модифікованими організмами. Вони складаються в основному з відомих мікробних полієфірів, таких як полігідроксікіслоти (PHA). Цей матеріал належить до біодеградабельних оптично активних полієфірів, вперше він був ідентифікований в 1925 французьким мікробіологом М. Лемуїном. В даний час існує більше 100 типів відомих молекулярних будівельних блоків для різних полімерів PHA [7,8].

В даний час біопластики складають приблизно 1% від 335 млн тонн пластиків, вироблених щорічно. Згідно з останніми даними Європейського інституту біопластика (European Bioplastics) і науково-дослідного інституту Nova-Institute (Хюрт, Німеччина), які є провідними організаціями в галузі дослідження біополімерів, глобальні виробничі потужності з випуску біопластика збільшаться приблизно з 2,11 млн тонн у 2018 році до приблизно 2,62 млн т в 2023 році [9].

У Голандії винайшли спосіб отримання біопластика з водоростей. Їх технологія перетворює водорості в рідку сировину, з якої за допомогою 3D-принтера можна друкувати тривимірні плас-

тикові об'єкти. Фінська фірма Partic випускає матеріал для пакетів на основі целюлози та біопластика під однойменною маркою. Компанія Avani Eco створює продукцію з кореня маніюки. Чилійські вчені винайшли пакет на основі вапнякових порід каменю, який розкладається в холодній воді за кілька хвилин. У науково-дослідному центрі IRIS (Барселона, Іспанія) створений біодеградабельний пластик, сировиною для якого слугувала молочна сироватка, яка є побічним продуктом при виробництві сирів [8].

Світовий ринок біодеградабельних матеріалів у 2018-2019 році наведено на рис. 1.

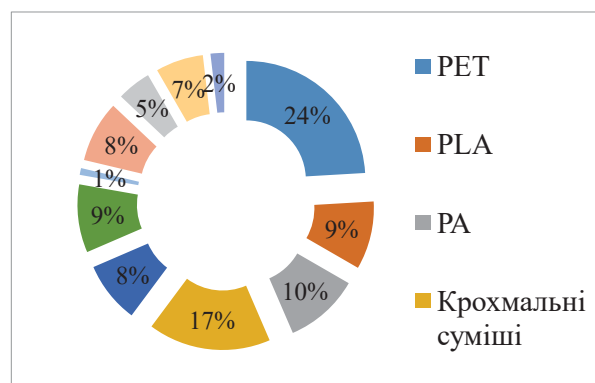


Рис. 1. Глобальні виробничі потужності біопластика в 2018-2019 рр. [9]

Як видно з рисунку 1, PET пластмаси складають найбільшу частину від світових потужностей з виробництва біопластика. Прогнозується, що випуск поліетилену на біосировині буде продовжувати рости, оскільки в найближчі роки в Європі планується відкриття нових виробничих потужностей для його виробництва. У 2023 році планується збільшення ринку PEF (поліетиленфураноату), нового полімеру, який можна порівняти з PET, але він на 100% складається з біологічної сировини і має високі бар'єрні і термічні властивості. Також очікується, що до 2023 року суттєво зросте ринок PP (поліпропілену) на біологічній основі [9].

Метою роботи є: дослідження впливу біодеградабельних матеріалів на якість і безпечність органічних кексів у процесі зберігання. Ураховуючи зазначену мету, завданнями дослідження є:

- здійснити аналіз органолептичних показників розроблених органічних кексів у процесі зберігання;
- дослідити зміни пероксидного числа у процесі зберігання органічних кексів;
- вивчити динаміку мікробіологічних показників органічних кексів у процесі зберігання.

Виклад основного матеріалу. Створено нові рецептури кексів з органічної сировини «Гречаник» та «Житниця». Зведені рецептури кексів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Зведені рецептури кексів з органічної сировини, г/1 кг продукції [10]

Для зберігання кексів з органічної сировини застосовували біорозкладну упаковку для харчових продуктів (паперовий пакет для борошняних виробів з віконцем) Shantou Weiyi Packaging Co., Ltd та індивідуальну біорозкладну PET упаковку для харчових продуктів Stand Up Pouch. Кекси зберігали за температури $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря 75%.

Для оцінки змін якості кексів у процесі зберігання було здійснено оцінювання органолептичних показників свіжих виробів та виробів після 7 днів зберігання. Дані наведені на рисунку 2.

З даних рисунку видно, що обидва типи пакування не впливали на показники «форма», «стан поверхні», «колір скоринки». Показник «стан і колір м'якушки» варіював не суттєво, проте кращі оцінки мали зразки, упаковані в індивідуальному біорозкладному PET пакуванні. Аналогічні дані можна зробити і по динаміці інших органолептичних показників. В цілому, варто зазначити, що після 7 днів зберігання обидва зразки не залежно від пакування мали досить високі органолептичні показники. Найбільших втрат зазнав показник «розжовуваність м'якушки», що обґрунтовується фізико-хімічними процесами, які відбуваються у борошняних виробках під час зберігання.

Сировина	«Гречаник» (organic)	«Житниця» (organic)
Борошно гречане органічне	302,86	-
Борошно пшеничне органічне	-	202,86
Борошно житнє органічне	-	100,00
Цукор тростинний органічний	200,00	200,00
Сироп журавлини органічний	27,12	-
Сироп рисовий органічний	-	27,12
Масло вершкове органічне	201,15	201,15
Олія кунжутна органічна	26,00	-
Олія сезамова органічна	-	26,00
Фезаліс сушений органічний	54,00	-
Ізюм сушений органічний	173,00	-
Журавлина сушена органічна	-	114,00
Шовковиця сушена органічна	-	113,00
Яйця органічні	27,00	27,00
Висівки лляні органічні	10,59	-
Висівки житні органічні	-	10,59
Порошок для випікання органічний	0,9	0,9
Сіль кухонна	0,9	0,9



Рис. 2. Динаміка змін органолептичних показників якості кексів після 7 днів зберігання за температури $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря 75%

Важливими показниками якості кексів під час зберігання є зміни пероксидного числа ліпідної фракції. Динаміка цього показника наведена на рисунку 3.

Як видно з рисунку 2, пероксидне число свіжих виробів відрізнялося та становило 0,02 ммоль %, I_2 у кексі «Гречаник» і 0,03 ммоль %, I_2 у кексі «Житниця». Зростання пероксидного числа під час зберігання найбільш суттєвим було у виробках, які зберігалися у паперовому пакеті. Так, пероксидне число ліпідної основи кексу «Гречаник» збільшилося у 4 рази, а ліпідної основи кексу «Житниця» – у 3 рази. У зразках, що зберігалися у PET-пакованні пероксидне число ліпідів кексу «Гречаник» збільшилося у 3,5 рази, а кексу «Житниця» – у 2,7 рази. Таким чином, індивідуальне PET-пакування є більш ефективним для зберігання жировмісних кондитерських виробів.

Показниками безпечності кексів є вміст мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерій групи кишкової палички, пліснявих грибів, дріжджів, патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерій групи *Salmonella* [11]. У таблиці 2 наведено дослідження цих показників після 7 діб зберігання.

Слід зазначити, що дозволений вміст МАФАМ у кексах становить не більше $5 \cdot 10^4$ КУО в 1 г. Після 7 діб зберігання у жодному зразку не було перевищено значення цього показника. Найменший вміст МАФАМ було зафіксовано у обох зразках, які зберігалися в індивідуальному PET

пакованні, а саме $3 \cdot 10^2$ КУО в 1 г. Вміст бактерій групи кишкових паличок (коліформи), коагулазо-позитивних стафілококів в 0,01 г не дозволяється. Ці мікроорганізми виявлені у жодному зразку не були. Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Salmonella* у 25 см² не дозволяється згідно з чинними нормативними документами. У жодному зразку не було виявлено патогенних мікроорганізмів. Вміст плісневих грибів дозволено не більше $1 \cdot 10^2$ КУО в 1 г продукту. Після 7 діб зберігання у зразків, що зберігалися у паперовому пакованні цей показник становив менше $2 \cdot 10$ КУО в 1 г, а у зразках, що зберігалися у PET пакованні – менше $1 \cdot 10$ КУО в 1 г. Вміст дріжджів дозволено не більше, ніж $5 \cdot 10$ в 1 г, у в усіх зразках незалежно від пакування вміст дріжджів становив менше $1 \cdot 10$ КУО в 1 г.

Висновки. Після 7 діб зберігання кексів органолептичні показники погіршилися не суттєво. Проте кращі оцінки мали зразки, упаковані в індивідуальному біорозкладному PET пакованні. Найбільших втрат зазнав показник «розжовуваність м'якучки» у обох зразках він зменшився на 0,2 бала для зразків у паперовому пакованні та на 0,1 бала для зразків у PET пакованні.

1. Зростання пероксидного числа під час зберігання найбільш суттєвим було у виробках, які зберігалися у паперовому пакеті. Так, пероксидне число ліпідної основи кексу «Гречаник» збільшилося у 4 рази, а ліпідної основи кексу «Житниця» – у 3 рази. У зразках, що зберігалися

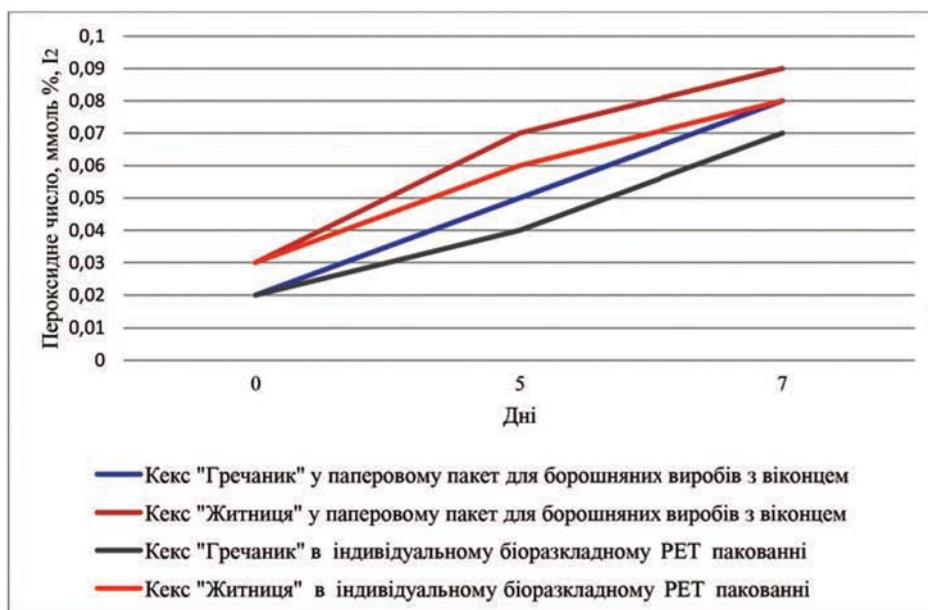


Рис. 3. Динаміка змін пероксидного числа кексів після протягом 7 днів зберігання за температури (18 ± 2) °C і відносної вологості повітря 75%

Мікробіологічні показники органічних кексів при зберіганні за температури (18±2)°C і відносної вологості повітря 75%

Назва показника	Кекс «Гречаник» у паперовому пакет для борошняних виробів з віконцем, 7 діб	Кекс «Житниця» у паперовому пакет для борошняних виробів з віконцем, 7 діб	Кекс «Гречаник» в індивідуальному біорозкладному PET пакованні, 7 діб	Кекс «Житниця» в індивідуальному біорозкладному PET пакованні, 7 діб
Мезофільні, аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми, КУО в 1 г	5·10 ²	4·10 ²	3·10 ²	3·10 ²
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) 0,01 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Коагулазопозитивний стафілокок в 0,01 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду Salmonella у 25 см ²	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Плісняві гриби КУО в 1 г	Менше 2*10	Менше 2*10	Менше 1*10	Менше 1*10
Дріжджі, КУО в 1 г	Менше 1*10	Менше 1*10	Менше 1*10	Менше 1*10

у PET-пакованні пероксидне число ліпідів кексу «Гречаник» збільшилося у 3,5 раза, а кексу «Житниця» – у 2,7 раза.

2. Після 7 діб зберігання у жодному зразку не було перевищено значення вмісту МАФAM, проте найменший вміст МАФAM було зафіксовано у обох зразках, які зберігалися в індивідуальному PET пакованні. Бактерій групи кишкової палички та патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерій групи Salmonella у зразках не виявлено. У в всіх зразках незалежно від пакування вміст дріжджів становив менше 1*10 КУО в 1 г. В цілому вміст мікробіологічних показників не перевищував допустимих меж у обох зразках, не залежно від типу пакування.

ЛІТЕРАТУРА

- Guillard V., Gaucel S., Fornaciari C. [et al.] The Next Generation of Sustainable Food Packaging to Preserve Our Environment in a Circular Economy Context. *Front. Nutr.* 2018. № 5:121. URL : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00121/full>. doi : 10.3389/fnut.2018.00121
- Vermeulen S., Campbell B., Ingram J. Climate change and food systems. *Annu Rev Environ Resour.* 2012. № 37. P. 195–222. doi : 10.1146/annurev-environ-020411-130608
- Пиріков О. В., Ардатов В. Н. Огляд сучасних тенденцій використання полімерів у пакувальній галузі. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі.* 2019. № 1 (37). С. 31–36.

- Берсенєва А. А., Кулемина А. А. Полімери нового покоління. *Сучасна хімія: Успіхи і досягнення* : матеріали II Міжнар. науч. конф. (м. Чита, квітень 2016 г.). Чита : Видавництво Молодий вчений, 2016. С. 27–29.

- Lin D., Zhao Y. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2007. Vol. 6. P. 60–75.

- Teramoto N., Saitoh M., Kuroiwa J., Shibata M., Yosomiya R. Morphology and mechanical properties of pullulan/poly (vinil alcohol) blends crosslinked with glyoxal. *J. Appl. Polym. Sci.* 2001. V. 82. P. 2273–2280.

- Roy I., Visakh P. Polyhydroxyalkanoate (PHA) based blends, composites and nanocomposites. *Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K.* 2015. P. 67–68.

- Sudesh K. Handbook of Biodegradable Polymers. Shawbury : Rapra Technology Ltd., 2015. P. 219–256.

- Все о биоразлагаемых пластиках. *Мировой рынок биополимеров.* 2019. URL : <https://ect-center.com/blog/biodegradable-polymers>

- Tkachenko A., Birta G., Burgu Y., Floka L., Kalashnyk O. Substantiation of the development of formulations for organic cupcakes with an elevated protein content. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* 2018. № 3(11). С. 51–58.

- Капліна Т.В., Столярчук В.М., Дудник С.О. Зміни жирової складової кексів із використанням нетрадиційної сировини під час їх зберігання. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі.* 2018. № 1 (85). С. 96–105.

REFERENCES

1. Guillard V., Gaucel S., Fornaciari C. [et al] (2018), The Next Generation of Sustainable Food Packaging to Preserve Our Environment in a Circular Economy Context, *Front. Nutr.*, № 5:121, URL : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00121/full>, doi : 10.3389/fnut.2018.00121
2. Vermeulen S., Campbell B., Ingram J. (2012), Climate change and food systems, *Annu Rev Environ Resour*, № 37, pp. 195–222, doi : 10.1146/annurev-environ-020411-130608
3. Pyrikov O. V., Ardatev V. N. (2019), Ohliad suchasnykh tendentsii vykorystannia polimeriv u pakuvalnii haluzi, *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli*, № 1 (37), pp. 31–36.
4. Bersenueva A. A., Kulemyna A. A. (2016), Polimery novoho pokolinnia, *Suchasna khimiia: Uspikhy i dosiahnennia* : materialy II Mizhnar. nauch. konf. (m. Chyta, kviten 2016 h.), Chyta : Vydavnytstvo Molodyi vchenyi, pp. 27–29.
5. Lin D., Zhao Y. (2007), Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables, *Comperhensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol. 6, pp. 60–75.
6. Teramoto N., Saitoh M., Kuroiwa J., Shibata M., Yosomiya R. (2001), Morphology and mechanical properties of pullulan/poly (vinil alcohol) blends crosslinked with glyoxal, *J. Appl. Polym. Sci*, V. 82, pp. 2273–2280.
7. Roy I., Visakh P. (2015), Polyhydroxyalkanoate (PHA) based blends, composites and nanocomposites, *Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K.*, pp. 67–68.
8. Sudesh K. (2015), Handbook of Biodegradable Polymers, Shawbury : Rapta Technology Ltd., pp. 219–256.
9. Vse o byorazlahaemykh plastykakh. Myrovoi rynek byopolymerov (2019), URL : <https://ect-center.com/blog/biodegradable-polymers>
10. Tkachenko A., Birta G., Burgu Y., Floka L., Kalashnyk O. (2018), Substantiation of the development of formulations for organic cupcakes with an elevated protein content, *Vostochno-Evropskyi zhurnal peredovykh tekhnolohyi*, № 3(11), pp. 51–58.
11. Kaplina T.V., Stoliarchuk V.M., Dudnyk S.O. (2018), Zminy zhyrovoi skladovoi keksiv iz vykorystanniam netradytsiinoi syrovyny pid chas yikh zberihannia, *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli*, № 1 (85), pp. 96–105.

Стаття надійшла до редакції 10 квітня 2020 р.