

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ШУЛЬГА ОКСАНА СЕРГІЇВНА**

УДК 621.798.18:664.6]:001.8

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ  
БІОДЕГРАДАБЕЛЬНОГО ЇСТИВНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ  
КОНДИТЕРСЬКИХ І ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ**

Спеціальність 05.18.16 – Технологія харчової продукції

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

**Київ – 2019**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Перцевий Федір Всеволодович,**  
Сумський національний аграрний університет,  
завідувач кафедри технології харчування;

доктор технічних наук, професор  
**Капліна Тетяна Вікторівна,**  
Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський  
університет економіки і торгівлі», завідувач кафедри  
готельно-ресторанної та курортної справи;

доктор технічних наук, професор  
**Сирохман Іван Васильович,**  
Львівський торговельно-економічний університет,  
завідувач кафедри товарознавства, технологій і управління  
якості харчових продуктів.

Захист відбудеться «15» травня 2019 р. об 11<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.07 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «15» квітня 2019 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доц.

О. А. Білик

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Раціон сучасної людини недостатньо збалансований за білковим і вітамінним складом, вмістом харчових волокон та мінеральних речовин. Кондитерські і хлібобулочні вироби, які входять до щоденного раціону пересічного споживача не збалансовані за наведеними нутрієнтами, особливо, це стосується продукції масового споживання. Складність збагачення зазначених виробів полягає у тому, що високі температури у технології їх виготовлення призводять до нейтралізації введених біологічно активних речовин. З метою їх збереження доцільним є внесення зазначених речовин у готовий продукт. Проблемі фортифікації харчових продуктів присвячені роботи провідних науковців: В. І. Дробот, А. М. Дорохович, В. М. Ковбаси, Л. Ю. Арсеньєвої, Г. О. Сімахіної, В. В. Дорохович, Н. В. Притульської, І. В. Сирохмана, А. Б. Рудавської та ін.

Для збереження свіжості зазначених виробів використовують неекологічні пакувальні матеріали. Екологічна ситуація в світі вимагає розроблення та впровадження у виробництво екологічно безпечних пакувальних матеріалів, наприклад, їстівних покриттів/плівок – полімерної упаковки, яка не потребує спеціальних умов утилізації. Сировина для виробництва їстівних покриттів/плівок забезпечується з тих самих ґрунтових і водних ресурсів, що і для харчових продуктів. Біодеградабельні їстівні покриття формуються на поверхні готових виробів, не піддаються термічному обробленню, зберігаючи всі внесені нутрієнти, тому є пріоритетним способом фортифікації харчових продуктів і водночас заміни неекологічних пакувальних матеріалів.

Їстівний пакувальний матеріал найбільш доцільно застосовувати для продуктів, які реалізуються в місцях їх виробництва та закладах з контрольованими санітарними умовами, зокрема, ресторанного господарства або інших підприємствах масового харчування.

Над проблемою створення біодеградабельних матеріалів працювали вітчизняні та зарубіжні науковці: С. В. Рябов, А. А. Дубініна, Г. М. Лисюк, Л. Ю. Арсеньєва, М. Л. Шерієва, М. Н. Нагула, А. Г. Снежко, R. N. Tharanathan, O. Ramos, Milda E. Embuscado, Kerry C. Huber, Anastasia E. Kapetanakou, Stavros G. Manios, Panagiotis N. Skandamis, O. Skurtys, C. Acevedo та ін. Проте і досі на ринку України представлено обмаль харчових продуктів в екологічно безпечному пакуванні.

Аналіз літературних джерел показав, що на сьогодні відсутні систематизовані дані і технології біодеградабельних їстівних покриттів/плівок для харчових продуктів, строк зберігання яких обмежується десорбційними процесами.

Науково-практична спрямованість роботи передбачає розроблення складу та технології біодеградабельного їстівного покриття для зазначених видів харчових продуктів, що дозволить збагачувати їх біологічно цінними речовинами, зберігати свіжість виробів впродовж строку зберігання, встановленого нормативною документацією, а також зменшення екологічного навантаження від пакувальних матеріалів є актуальною науковою і прикладною проблемою, розв'язанню якої присвячена дисертаційна робота.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дослідження проводилися відповідно до тематик науково-дослідних робіт Національного університету харчових технологій у межах наукових держбюджетних НДР «Формування бар'єрних властивостей і споживна оцінка полімерних пакувальних матеріалів для харчових продуктів» (№0114U003516) та «Наукове обґрунтування використання біодеградабельних їстівних плівок та покриттів для хлібобулочних і кондитерських виробів» (№0117U006123); фінансованої НДР на замовлення МОН «Створення «розумних» пакувань харчових продуктів із біодеградованих матеріалів з використанням нанодисперсних матеріалів і нанофотонних композицій» (№0115U003104); госпдоговірних НДР «Дослідження споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з їстівним покриттям» (№0117U001157) та «Оцінка збалансованості кондитерських виробів за товарознавчими показниками» (№0114U007288).

Автор особисто взяла участь у плануванні, підготовці та проведенні експериментальних досліджень, розробленні теоретичного обґрунтування запропонованих рішень, опрацюванні та узагальненні отриманих результатів, за якими підготовлено матеріали до публікації та оформлено патенти, проведенні промислових досліджень і розробленні нормативної документації.

**Мета і завдання досліджень.** *Метою* роботи є розвиток наукових основ розроблення технології біодеградабельних їстівних покриттів для кондитерських і хлібобулочних виробів, що надасть змогу підвищити їх біологічну цінність, зберегти свіжість і відмовитися від неекологічних пакувальних матеріалів.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі *завдання*:

- проаналізувати сучасний стан проблеми розроблення та використання їстівних пакувальних матеріалів для різних груп харчових продуктів;
- обґрунтувати теоретично та підтвердити комплексними експериментальними дослідженнями вибір видів сировини для виготовлення біодеградабельного їстівного покриття для кондитерських і хлібобулочних виробів з метою їх фортифікації та збереження свіжості впродовж строку зберігання;
- сформулювати наукову концепцію модифікації крохмалю та пектину як плівкоутворювачів за рахунок введення гідрофобних груп і більш щільного зшивання ланцюгів полімеру, що дозволить моделювати фізико-механічні та бар'єрні властивості біодеградабельних їстівних покриттів/плівок на їх основі;
- розробити експрес-метод визначення ступеня етерифікації пектину з метою оперативного прогнозування технологічних властивостей біодеградабельних їстівних покриттів/плівок на його основі;
- розробити математичні моделі для оптимізації складу біодеградабельного їстівного покриття із заданою паропроникністю та для визначення теплоємності формувального розчину їстівного покриття/плівки залежно від температури;
- розробити методологію проектування складу біодеградабельного їстівного покриття/плівки із заданим значенням паропроникності;

- з'ясувати вплив біодеградабельного їстівного покриття на споживні властивості харчових продуктів, строк зберігання яких обмежується десорбційними процесами (на прикладі кондитерських і хлібобулочних виробів);

- на основі результатів досліджень розробити технологію біодеградабельного їстівного покриття для харчових продуктів, строк зберігання яких обмежується процесом усихання; розробити проекти нормативної документації на розроблені види харчових продуктів, підтвержені висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи, провести їх промислову апробацію і впровадити на підприємствах галузі;

- обґрунтувати економічну та соціальну ефективність виробництва нових видів харчових продуктів з їстівним покриттям, а також провести маркетингові дослідження щодо їх сприйняття споживачами.

**Наукова концепція роботи** полягає у комплексному підході до розроблення технології біодеградабельного їстівного покриття як засобу фортифікації харчових продуктів нетермостабільними біологічно цінними нутрієнтами та як екологічної альтернативи існуючим пакувальним матеріалам.

Для виконання поставлених завдань розроблено такі робочі **гіпотези**:

- бар'єрні властивості їстівних покриттів можуть бути покращені в разі використання модифікованих полісахаридів як плівкоутворювачів за рахунок гідрофобної групи, введеної до їх складу, та більш щільного зшивання лінійних ланцюгів природних полімерів;

- формувальний розчин їстівного покриття наноситься на поверхню готового виробу без подальшого термічного оброблення, тому введення до його складу фізіологічно безпечних кількостей мікро- та макронутрієнтів, передусім нетермостабільних, є ефективним способом підвищення вмісту в харчових продуктах біологічно активних складових.

*Об'єкт дослідження* – технологія біодеградабельного їстівного покриття для кондитерських і хлібобулочних виробів.

*Предмет дослідження* – сировина для виготовлення біодеградабельного їстівного покриття/плівки (плівкоутворювачі, пластифікатори, розчинники, функціональні складові); кондитерські та хлібобулочні вироби з біодеградабельним їстівним покриттям.

*Методи дослідження* – аналітичні, хімічні, фізичні (спектральні), фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні, математико-статистичні, виконані з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В дисертаційній роботі розвинуто наукові основи та практично реалізовано науково-прикладну проблему збагачення харчових продуктів біологічно активними нетермостабільними інгредієнтами, збереження свіжості цих продуктів завдяки використанню розробленої технології біодеградабельного їстівного покриття.

*Вперше:*

- розроблено технологію їстівного покриття для кондитерських виробів;
- отримано модифіковані крохмаль та пектин, які дають можливість виготовляти біодеградабельні їстівні покриття/плівки на їх основі з меншою

паропроникністю за рахунок більш щільного зшивання крохмалю ацилом яблучної кислоти та введення гідрофобних груп до складу полімеру (залишків цетилового спирту і пальмітинового ангідриду в пектин та ацилу пропіонової кислоти в крохмаль);

- науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність застосування декстринів Шардингера для виготовлення біодеградабельних їстівних покриттів/плівок як пластифікатора, найбільш наближеного до структури обраного плівкоутворювача, здатного утворювати клатрати з функціональними складовими їстівного покриття, що сприяє їх збереженню;

- науково обґрунтовано та експериментально підтверджено, що використання молока та молочної сироватки як розчинників для виготовлення біодеградабельного їстівного покриття/плівки зменшує паропроникність їстівного покриття/плівки за рахунок збільшення кількості водневих зв'язків між складовими молока та їстівного покриття/плівки, що підтверджено зміною валентних коливань  $\nu_{OH}$ -груп крохмалю, зокрема, характером кривої та областю знаходження коливань;

- науково обґрунтовано та експериментально підтверджено спосіб збагачення харчових продуктів вітаміном F за рахунок внесення лляної олії до складу їстівного покриття, що одночасно дозволяє зменшити паропроникність покриття;

- науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання нативного та нової модифікації низькоетерифікованого пектину для виробництва екологічно безпечного їстівного посуду;

- розроблено експрес-метод визначення ступеня етерифікації пектину за допомогою алкаліметричного титрування з метою оперативного прогнозування технологічних властивостей біодеградабельних їстівних покриттів/плівок на його основі.

*Отримали подальший розвиток дослідження щодо:*

- розроблення технології їстівного покриття для хлібобулочних виробів;
- ІЧ-аналізу харчових продуктів, завдяки чому встановлено зменшення паропроникності їстівного покриття у разі використання молока або молочної сироватки як розчинників внаслідок появи додаткових водневих зв'язків;

- визначення теплоти випаровування та теплоємності формувального розчину біодеградабельного їстівного покриття/плівки і встановлено, що полівініловий спирт (ПВС) збільшує значення цих показників і уповільнює висихання їстівного покриття/плівки.

**Основні наукові положення, винесені на захист:**

- науково обґрунтовано та експериментально розроблено технологію біодеградабельного їстівного покриття для кондитерських і хлібобулочних виробів;

- теоретично та експериментально обґрунтовано модифікацію крохмалю та пектину за рахунок введення гідрофобних груп і більш щільного зшивання, що дає можливість виготовляти на їх основі біодеградабельні їстівні покриття/плівки з меншою паропроникністю;

- науково обґрунтовано та експериментально підтверджено спосіб

внесення лляної олії як гідрофобної складової, декстринів Шардингера як пластифікатора, молока і молочної сироватки як розчинників до складу біодеградабельного їстівного покриття/плівки, що дозволяє моделювати бар'єрні властивості покриття та фортифікувати харчові продукти біологічно цінними нутрієнтами;

- запропонована комп'ютерна програма для проектування складу їстівного покриття із заданими бар'єрними властивостями за допомогою програмного забезпечення *Microsoft Office Access*;

- розроблено експрес-метод визначення ступеня етерифікації пектину за допомогою алкаліметричного титрування з метою оперативного прогнозування технологічних властивостей біодеградабельних їстівних покриттів/плівок на його основі.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** підтверджуються їх перевіркою за допомогою хімічних, фізичних, фізико-хімічних та мікробіологічних методів дослідження, застосуванням сучасних приладів та методів математико-статистичного опрацювання результатів досліджень, виробничою апробацією розроблених продуктів.

**Наукове значення роботи.** Експериментальні результати, теоретичні узагальнення та математичні моделі є науковим підґрунтям для збагачення харчових продуктів нетермостабільними мікро- та макронутрієнтами, забезпечення їх свіжості, а також заміни пакувальних синтетичних і паперових матеріалів на біодеградабельні їстівні покриття/плівки.

Сформульована наукова концепція модифікації крохмалю та пектину як плівкоутворювачів, які визначають фізико-механічні та бар'єрні властивості біодеградабельних їстівних покриттів/плівок на їх основі.

Теоретично встановлено залежність ступеня етерифікації від загальної кислотності пектину, що підтверджено рівнянням регресії.

**Практичне значення одержаних результатів.** Наукові розробки дисертаційної роботи підготовлено до практичної реалізації у виробництво підприємств ресторанного господарства та масового харчування.

Розроблено нормативні документи (технічні умови, технологічні інструкції, рецептури) на кондитерські вироби та хліб з їстівним покриттям, які підтверджено висновком державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Розроблений метод визначення ступеня етерифікації пектину за титрованою кислотністю надає можливість відмовитися від ряду вартісних реактивів, а також значно скоротити час на проведення складного експерименту.

Розроблене біодеградабельне їстівне покриття дозволяє відмовитися від неекологічного паперового або синтетичного пакування помадних цукерок та хлібобулочних виробів і подовжити строк зберігання хліба.

Розроблені біодеградабельні їстівні пакувальні матеріали дозволяють розширити асортимент харчових продуктів з підвищеною харчовою цінністю, збагачених есенціальними біологічно активними речовинами у складі їстівного покриття: вітамінами, білком, кальцієм тощо.

Розроблено програму автоматизованого розрахунку складу їстівного покриття/плівки з заданим значенням паропроникності за допомогою програмного забезпечення *Microsoft Office Access*, що дозволить полегшити у виробничих умовах та дослідницькій практиці вибір складу їстівного покриття залежно від призначення.

Результати роботи апробовано у виробничих умовах на ПП «Деліція» (м. Буча, Київської обл.), ТОВ «АГАТА К» (м. Київ), ТОВ «Пан Марципан» (м. Київ), ТАК LTD (м. Київ), ФОП Букін А. О. (м. Київ), кафе «Кухня Поллі» (м. Київ).

**Особистий внесок здобувача.** Автором особисто розроблено методологічні підходи до проектування складу біодеградабельного їстівного покриття/плівки на основі системного аналізу теоретичних знань; розроблено програми дослідження; особисто підготовлено та проведено експериментальні дослідження; проведено наукове та математико-статистичне опрацювання отриманих даних і формулювання висновків; підготовка матеріалів до публікації та оформлення патентів України, розроблено нормативну документацію. Обґрунтовано соціально-економічну ефективність застосування їстівного покриття для хлібобулочних і кондитерських виробів. Проведено маркетингові дослідження щодо ставлення споживачів до виробів з їстівним покриттям, визначено конкурентоспроможність досліджених виробів та підтверджено доцільність використання їстівного покриття за допомогою функції Харрінгтона.

Дослідження за допомогою інфрачервоної спектроскопії (ІЧ) і ядерно-магнітного резонансу (ЯМР), елементного і термогравіметричного аналізу (ТГА) проведено в Національному університеті ім. Тараса Шевченка. Модифікацію пектину та визначення фізико-механічних властивостей біодеградабельних матеріалів на їх основі проведено в Інституті хімії високомолекулярних сполук НАН України за участі ст. наук. співроб., канд. хім. наук С. М. Кобилінського. Модифікацію картопляного крохмалю проведено в ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В. П. Комісаренка» НАМН України за участі ст. наук. співроб. О. В. Сімурова. Рентгенофазовий аналіз (РФА) проведено в Інституті хімії поверхні ім. А. А. Чуйко НАН України та Інституті загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України. Сорбційні властивості досліджено в Інституті фізичної хімії імені Л. В. Писаржевського. Розмір пор біодеградабельного їстівного покриття/плівки визначено в Інституті сорбції та проблем ендоекології НАН України. Теплоту випаровування та теплоємність досліджено в Інституті технічної теплофізики НАН України за участі канд. техн. наук С. О. Іванова. Фізико-механічні властивості розроблених складів біодеградабельного їстівного покриття/плівки досліджено в Механіко-машинобудівному інституті Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Хроматографію зразків лляної олії та екстракту лляної олії з їстівного покриття та плівки зроблено в ДУ «Інститут медицини праці» НАМН України. Програма розрахунку складу їстівного покриття/плівки виконана за участі зав. кафедри інформатики НУХТ,



доц. С. В. Грибкова. Провокаційне тестування проведено в Інституті продовольчих ресурсів НААН України, канд. техн. наук О. В. Науменко. Деякі дослідження, що вказані по тексту дисертаційної роботи, виконано разом з асистентом кафедри експертизи харчових продуктів, канд. техн. наук А. І. Чорною в межах спільної роботи над кафедральними та держбюджетною НДР на замовлення МОН, результати яких Чорна А. І. використала в дисертаційній роботі на тему: «Формування споживних властивостей полімерних пакувальних матеріалів для хлібобулочних виробів» (дис...канд. ... техн. наук: 05.18.15. – Львів, 2018. – 257 с. – Режим доступу: [http://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/pidrozdzily/Aspirantura/Rady/Spec\\_vchena\\_rada/Dysertacii/2017\\_12/Chorna\\_Disertacia.pdf](http://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/pidrozdzily/Aspirantura/Rady/Spec_vchena_rada/Dysertacii/2017_12/Chorna_Disertacia.pdf)).

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи презентувались, обговорювались та отримали позитивну оцінку на: 81-84-й Міжнародних наукових конференціях молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, 2015-2018 рр.); 11-й та 15-й Науково-практичних конференціях молодих вчених «Новітні технології пакування» (м. Київ, 2015 р., 2016 р.); «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності» (м. Київ, 2015-2017 рр.); 2-й та 3-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Якість і безпека харчових продуктів» (м. Київ, 2015 р., 2017 р.); 2-й Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми менеджменту в сучасних глобалізаційних процесах» (м. Ірпінь, 2015 р.); 5-й Международной научно-технической конференции «Новое в технологи и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (г. Воронеж, 2015 г.); 7-й Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології» (м. Дніпропетровськ, 2015 р.); Науково-практичному інтернет-семінарі «Культура безпеки та цивільний захист у сучасних реаліях України» (м. Ірпінь, 2015 р.); 3-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми формування асортименту, якості і екологічної безпечності товарів» (м. Львів, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека» (м. Київ, 2015 р.); 7-й Межведомственной научно-практической конференции «Иновации в товароведении, общественном питании и длительном хранении продовольственных товаров» (г. Москва, 2015 г.); Всеукраїнській конференції студентів і молодих учених «Стандартизація, товарознавство та експертиза промислових і продовольчих товарів» (м. Херсон, 2015 р.); Food Science for Well-being (SEFood, 2016) (м. Київ, 2016 р.); 4-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації управління асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг» (м. Львів, 2016 р.); конференція до Дня винахідника і раціоналізатора України «Використовуй інформацію на 100% – від ідеї до патенту» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні технології у

хлібопекарському виробництві» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні розробки в аграрній сфері» (м. Харків, 2017 р.); 10-й Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених та студентів з міжнародною участю «Проблеми формування здорового способу життя у молоді» (м. Одеса, 2017 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Наукові проблеми технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток технічних наук: проблеми та рішення» (м. Брно, Чеська Республіка, 2018 р.); International Multidisciplinary Conference «Key Issues of Education and Sciences: Development Prospects for Ukraine and Poland» (Stalowa Wola, Republic of Poland, 2018).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 66 наукових праць, у тому числі 23 статті у наукових фахових виданнях затвердженого переліку МОН України (в т.ч. 5 в наукометричній базі *Scopus* та 5 в іноземних виданнях), 5 патентів України на винахід та 9 на корисну модель, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір, 28 тез доповідей наукових конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається з вступу, 6 розділів, висновків, списків бібліографічних джерел за розділами (603 найменування) та 25 додатків. Робота викладена на 313 стор. основного тексту, включає 90 рисунків і 76 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету й завдання досліджень, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, визначено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі «Теоретичні передумови застосування їстівних плівок та покриттів для харчових продуктів»** проведено огляд літератури за темою дисертаційної роботи. Визначено, що їстівні плівки та покриття як найбільш перспективний напрям біодеградабельних пакувальних матеріалів в обмеженій кількості використовуються як на закордонному, так і ринку України, що пов'язано з більшою собівартістю отриманих матеріалів. Визначено, що для виготовлення їстівних плівок і покриттів необхідні такі складові – плівкоутворювачі, пластифікатори, розчинники. Проте з метою моделювання їх властивостей доцільно використовувати гідрофобні речовини (олії, віск, вищі жирні кислоти тощо), вітамінні та пробіотичні препарати тощо.

Встановлено, що найбільш придатними плівкоутворювачами для виготовлення їстівних плівок та покриттів є природні полімери з відновлюваної сировини: крохмаль нативний та модифікований з різних сировинних джерел; пектин; целюлоза та її похідні; білкові речовини; ліпіди. Використовуючи широкий спектр речовин, можна моделювати властивості їстівних плівок та покриттів і виготовляти «активні» пакування за рахунок введення антиоксидантних та антимікробних речовин. Нині серед харчових продуктів в їстівній плівці або покритті на ринку України представлені сир та фрукти у восковому покритті, ковбасні вироби у колагенових оболонках. Встановлено,

що їстівні плівки та покриття виготовляються литтям, екструзією та ін'єкційно. Визначено, що недоліки властивостей матеріалів на основі природних полімерів: недостатня механічна міцність, висока паропроникність, можна зменшити за рахунок використання інноваційних полімерних матеріалів – модифікованих природних полімерів (крохмаль, пектин, целюлоза, хітин) або комбінації різних за походженням складових їстівних плівок та покриттів.

Встановлено, що їстівні плівки та покриття також можуть бути джерелом підвищення харчової цінності виробів, крім того, створення «активного» пакування дозволить подовжувати строк зберігання харчових продуктів.

У другому розділі «**Організація, об'єкти та методи досліджень**» наведено схему комплексних досліджень (рис. 1) та стисло характеристику використаної сировини, методів досліджень якості сировини і готових виробів.

Експериментальна частина роботи виконувалася в лабораторних умовах кафедри експертизи харчових продуктів, технології консервування, готельно-ресторанної справи, технології хлібопекарських і кондитерських виробів, технології м'яса і м'ясних продуктів, технології жирів та парфумерно-косметичних продуктів, біотехнології і мікробіології, інформатики та Проблемній науково-дослідній лабораторії Національного університету харчових технологій та інших наукових закладах, що були наведені раніше.

Для виготовлення зразків їстівного покриття/плівки використано плівкоутворювачі – крохмаль нативний кукурудзяний, картопляний та модифікований, пектин з різним ступенем етерифікації, желатин, полівініловий спирт (ПВС, Е 1203); пластифікатори – гліцерин (Е 422), сорбіт (Е 420), глюкоза, фруктоза, сахароза, карбамід (сечовина, Е 927b), β-циклодекстрин (Е 459, декстрини Шардингера); розчинники – вода, молочна сироватка, молоко. Сировина, що забезпечує функціональні властивості – олеїнова кислота, парафін, віск, нанодисперсний порошок  $TiO_2$  (Е 171) та збільшує харчову цінність – лляна олія, фруктові та овочеві порошки (чорничний, лимонний, соку ананаса, персиковий, соку лайма, соку лимону, полуничний, шпинату, апельсину, томатний); еламін, суха пробіотична закваска.

Органолептичні властивості їстівних плівок/покриттів оцінено за 5-ти бальною шкалою з наступним розрахунком комплексного показника якості. Фізико-механічні властивості плівок визначено на універсальній випробувальній машині TIRAtest-2151. ІЧ-спектрометричні дослідження проводилося на приладі Nexus-475 фірми Nicolet, в таблетках з KBr. РФА проведено на приладі ДРОН-3М. Термогравіметричні дослідження здійснено відповідно до ГОСТ 29127-91 на приладі Q-1500В. Паропроникність плівки визначено за BS EN 12086:1997. Активність води визначено на приладі HygroLab. Розмір пор плівки визначено на приладі Quantachrome ASiQwin – Automated Gas Sorption Data Acquisition and Reduction. Перетравлюваність *in vitro* досліджено за методикою О. О. Покровського та І. Д. Єртанова, кількість вільних кислот, накопичених під час ферментативного гідролізу плівки пепсином і трипсином – методом формольного титрування. Температуру застигання формувального розчину їстівного покриття/плівки визначено відповідно до

ГОСТ 8285-91. В'язкість формувального розчину їстівного покриття/плівки визначено відповідно до ГОСТ 1929-87.

<i>Теоретичні дослідження</i>	Логіко-аналітичний аналіз літератури	
	Систематизація інформації з досліджуваного питання	
	Розробка наукової концепції	
	Формулювання теоретичного та практичного наповнення програми досліджень	
<i>Практично-експериментальна частина</i>	Дослідження складу їстівної плівки та покриття для кондитерських і хлібобулочних виробів	Аналіз різних видів плівкоутворювачів, пластифікаторів, гідрофобної та біологічно цінної складової. Хімічна модифікація крохмалю та пектину
	Дослідження властивостей запропонованих біодеградабельних їстівних плівок та покриттів	Аналіз впливу складових плівок на їх органолептичні, фізико-механічні, хімічні та бар'єрні характеристики, біологічну цінність
	Дослідження впливу запропонованих їстівних плівок та покриттів на кондитерські та хлібобулочні вироби протягом строку зберігання	Аналіз впливу на органолептичні, фізико-хімічні показники та безпечності, харчову та біологічну цінності
	Розробка та застосування математичних засобів оптимізації складу біодеградабельного їстівного покриття або плівки	Теоретичні та розрахункові заходи оптимізації
	Розроблення плану виведення на ринок виробів зі змінним пакуванням або способом оброблення поверхні	Теоретичні та соціальні методи, маркетингові дослідження
	Розроблення нормативної документації на вироби з їстівним покриттям	Урахування сучасних вимог стандартизації щодо якості та безпечності
	Виробнича апробація запропонованих біодеградабельних їстівних покриттів для кондитерських і хлібобулочних виробів	
	Встановлення економічної та соціальної ефективності виробів зі змінним пакуванням або способом оброблення поверхні	
<i>Теоретичні дослідження</i>	Логічний та аналітичний синтез	
	Встановлення взаємозалежностей результатів досліджень різних етапів	
	Формулювання висновків	
	Розробка рекомендацій для фахівців та споживачів	

**Рисунок 1 – Схема досліджень дисертаційної роботи**

ЯМР-спектри реєстрували на ЯМР-спектрометрі MERCURY, фірми VARIAN, 400 МГц в розчині DMSO-d<sub>6</sub>. Елементний аналіз – на CHNOS елементному аналізаторі vario MICRO Cube фірми Elementas. Ступінь етерифікації пектину визначено за ДСТУ 6088:2009 методом, що заснований на

титрометричному визначенні вільних та після омилення етерифікованих карбоксильних груп полігалактоуронової кислоти у наважці пектину, що очищений від розчинних баластних домішок та катіонів. Загальну кислотність пектину визначено методом титрування розчину наважки пектину в присутності фенолфталеїну. Збереження вітаміну С у складі їстівного покриття/плівки визначено за реакцією з 2,6-дихлорфеноліндофенолом, а вітаміну F – за зміною йодного числа, як показника ненасиченості жиру (методом Війса) та хроматографічно. За умови використання пробіотичної закваски у складі їстівного покриття/плівки, кількість молочнокислих бактерій на поверхні хлібобулочних виробів визначали глибинним посівом на щільне середовище MRS. За умови внесення до складу їстівного покриття/плівки еламіну масову частку йоду визначено за допомогою вольтамперометричного аналізатора «Екотест-ВА». Товщину їстівного покриття/плівки визначено за допомогою мікрометра та за допомогою «електронного ока», яке являє собою сканер та комп'ютер з програмним забезпеченням для оброблення зображення (ImageJ – програма з відкритим вихідним кодом для аналізу і обробки зображень, написана на мові Java співробітниками National Institutes of Health і поширюється без ліцензійних обмежень як суспільне надбання). Дослідження залежності питомої теплоти випаровування вологи від вмісту вологи у матеріалі їстівного покриття/плівки, а також масової теплоємності цього матеріалу від температури, проведено з використанням спеціалізованого калориметричного приладу ДКМІ-01.

Органолептичні показники кондитерських виробів визначено відповідно до ДСТУ 4135:2014, ДСТУ 4333:2018 та ДСТУ 4187:2003. Фізико-хімічні показники якості кондитерських виробів: масову частку вологи визначено за ДСТУ 4910:2008, вміст редукувальних речовин – за ДСТУ 5059:2008; кислотність – за ДСТУ 5024:2008; намочуваність пряникових виробів відповідно до ГОСТ 15810-2014. Ізотерми адсорбції парів виконано ваговим методом на вакуумній установці з пружинними кварцовими вагами Мак-Бена. Органолептичні показники хлібобулочних виробів визначено відповідно до ДСТУ 7044:2009. Вологість хлібобулочних виробів визначено за ДСТУ 7045:2009. Свіжість або ступінь черствіння хлібобулочних виробів визначено за показниками крихтуватість, кількість води, що поглинає м'якушка та структурно-механічними характеристиками м'якушки на пенетрометрі.

Розрахунок конкурентоспроможності кондитерських і хлібобулочних виробів з їстівним покриттям проведено за допомогою інтегрального показника. Доцільність застосування їстівного покриття оцінено за функцією Харрінгтона.

Наведено запропоновані методики модифікації крохмалю та пектину.

**У третьому розділі «Наукове обґрунтування технології біодеградабельних їстівних покриттів та плівок для кондитерських і хлібобулочних виробів» науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання як плівкоутворювача нативного картопляного крохмалю. Перевагою картопляного крохмалю є доступність та належні характеристики їстівного покриття/плівок на його основі: комплексний**

показник якості становить 0,98; міцність такого матеріалу – 20,3 МПа, а відносне подовження – 46,4 %. Встановлено, що лише модифікація зшиванням та збільшення фракції амілопектину у складі крохмалю зумовлює зменшення паропроникності, оскільки структура полімеру більш ущільнена (табл. 1).

**Таблиця 1 – Паропроникність їстівних плівок залежно від виду крохмалю**  
*n=5, p≤0,05*

Зразок плівки	Вид крохмалю у складі плівки	Паропроникність, мг/(м·год·кПа)
1	кукурудзяний крохмаль	5,8±0,3
2	картопляний крохмаль	4,7±0,1
3	модифікований кукурудзяний ацетатний крохмаль, E 1420	6,3±0,3
4	модифікований кукурудзяний ферментативно гідролізований крохмаль, E 1405	6,8±0,3
5	модифікований кукурудзяний оброблений кислотою крохмаль, E 1401	7,4±0,3
6	декстрин з тапіокового крохмалю жовтий, E 1400	9,3±0,5
7	модифікований кукурудзяний оброблений лугом крохмаль, E 1402	6,5±0,3
8	декстрин з тапіокового крохмалю білий, E 1400	8,7±0,1
9	ацетильований дикрохмалефосфат картопляний, E 1414	3,8±0,1
10	гідроксипропілований дикрохмалефосфат картопляний, E 1442	4,4±0,2
11	амілопектиновий картопляний крохмаль	3,4±0,1

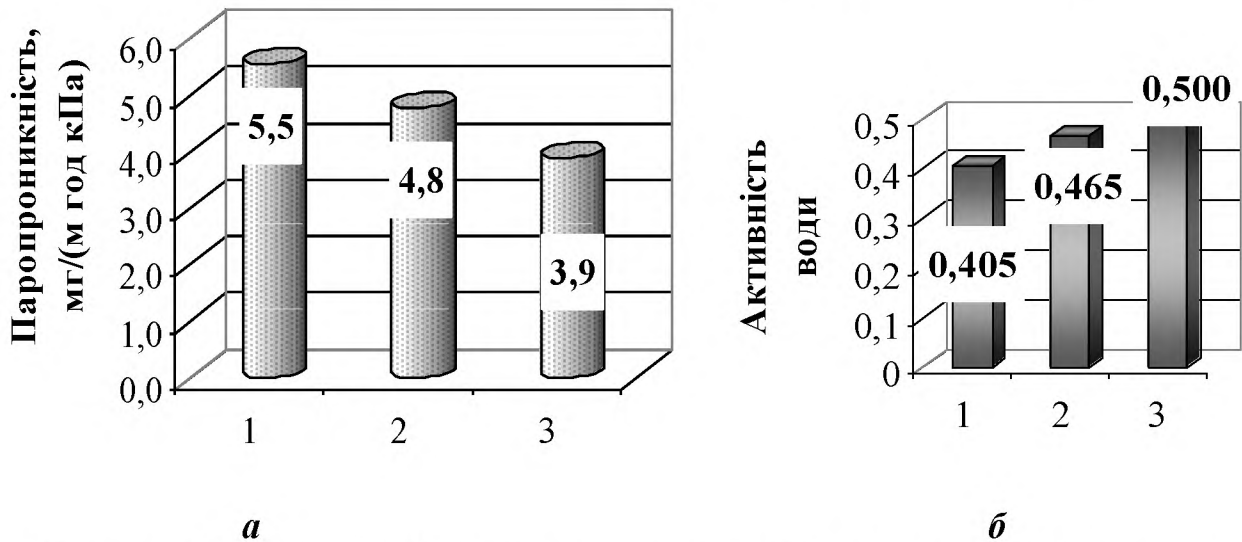
Примітка. Склад плівки: крохмаль – 5 %; желатин – 15 %; лляна олія – 5 %; карбамід – 3 %; вода – 72 %.

Паропроникність плівок зумовлюється наявністю в них пор. Відомо, що залежно від розміру, пори класифікуються на макропори (більше 50 нм), мезопори (2-50 нм), мікропори (менше 2 нм). Експериментально визначено, що найбільше в плівці міститься мікропор радіусом 0,156-1,668 нм. В меншій кількості містяться мезопори радіусом 2,110 та 4,432 нм.

За допомогою РФА визначено ступінь кристалічності крохмалю в плівці. Найбільший ступінь кристалічності – 17 % має кукурудзяний крохмаль, найменший – 2 % мають ацетильований дикрохмалефосфат картопляний (E 1414), гідроксипропілований дикрохмалефосфат картопляний (E 1442) і амілопектиновий картопляний крохмаль. Визначено вплив виду крохмалю на кількість форми зв'язку вологи за допомогою ТГА: модифікований кукурудзяний крохмаль (E 1420) містить найбільше адсорбційно-зв'язаної вологи порівняно з іншими досліджуваними видами крохмалю.

Науково обґрунтована доцільність використання желатину у складі біодеградабельного їстівного покриття/плівки. Встановлено, що збільшення концентрації желатину з 10 до 20 % у складі їстівного покриття/плівки збільшує міцність плівки з 6,7 до 14,1 МПа та подовження з 0,4 до 0,8 %, а також сприяє

утворенню на поверхні виробів шару покриття збільшеної товщини: для пряникових виробів – на 18 %, для помадних цукерок – на 45 %, для мармеладу – на 48 %. Температура застигання формувального розчину їстівного покриття зростає за умови збільшення концентрації желатину з 10 до 20 % відповідно з 23,5 до 25,5 °С. Крім того, збільшення концентрації желатину сприяє зменшенню паропроникності з 5,5 до 3,9 мг/(м·год·кПа) (рис. 2 а), а також зменшенню кристалічності крохмалю з 9 до 4 % наприкінці строку зберігання, оскільки активність води плівки з 20 % вмістом желатину вища (0,500) порівняно з плівкою з 10 % вмісту желатину (0,405) (рис. 2 б).

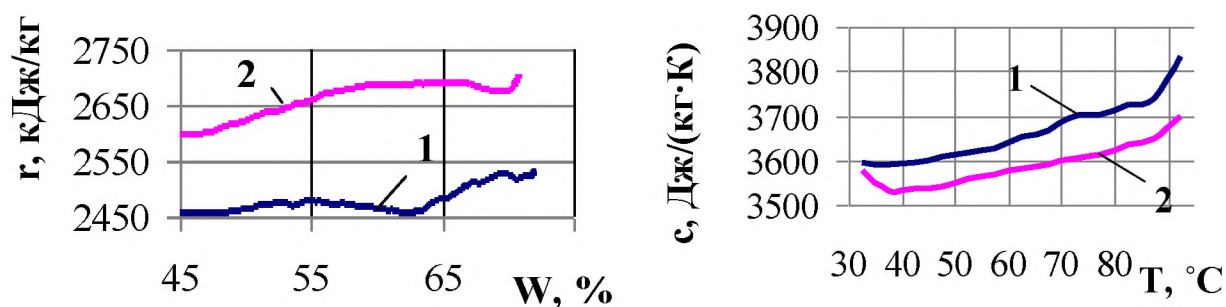


**Рисунок 2 – Вплив вмісту желатину у складі формувального розчину плівки на: а – паропроникність ( $n=5, p \leq 0,05$ ); б – активність води ( $n=3, p \leq 0,05$ ); 1 – 10 % желатину; 2 – 15 % желатину; 3 – 20 % желатину**

Визначена перетравлюваність білка *in vitro* вказує, що швидкість накопичення продуктів гідролізу відбувається з однаковою інтенсивністю, оскільки склади досліджуваних їстівних плівок відрізняються тільки вмістом желатину і немає жодних інгібіторів його перетравлення.

Науково обґрунтовано та експериментально підтверджено введення до складу біодеградабельного їстівного покриття/плівки ПВС. Встановлено, що ПВС позитивно впливає на органолептичні показники – надає виробам блиску. Крім того, ПВС збільшує динамічну в'язкість формувальних розчинів їстівного покриття за умови збільшення концентрації з 0,5 до 2,0 %. Температура застигання формувальних розчинів підвищується з 23,5 °С (0 % ПВС) до 28,0 °С (2 % ПВС). Крім того, збільшується міцність плівки з 8,8 МПа (0 % ПВС) до 16,6 МПа (2 % ПВС) та збільшується паропроникність матеріалу з 4,7 мг/(м·год·кПа) (0 % ПВС) до 7,1 мг/(м·год·кПа) (2 % ПВС). Активність води плівок з ПВС знаходиться в інтервалі 0,329-0,340, що відносить їх до виробів тривалого строку зберігання. Встановлено, що наявність ПВС у складі формувального розчину їстівного покриття/плівки збільшує теплоту випаровування ( $\gamma$ , рис. 3), оскільки волога завдяки ПВС знаходиться у зв'язаному стані, що підтверджено ТГА. За експериментальними даними отримано математичні моделі залежності теплоємності формувального розчину

їстівного покриття/плівки від температури (с, рис. 3).



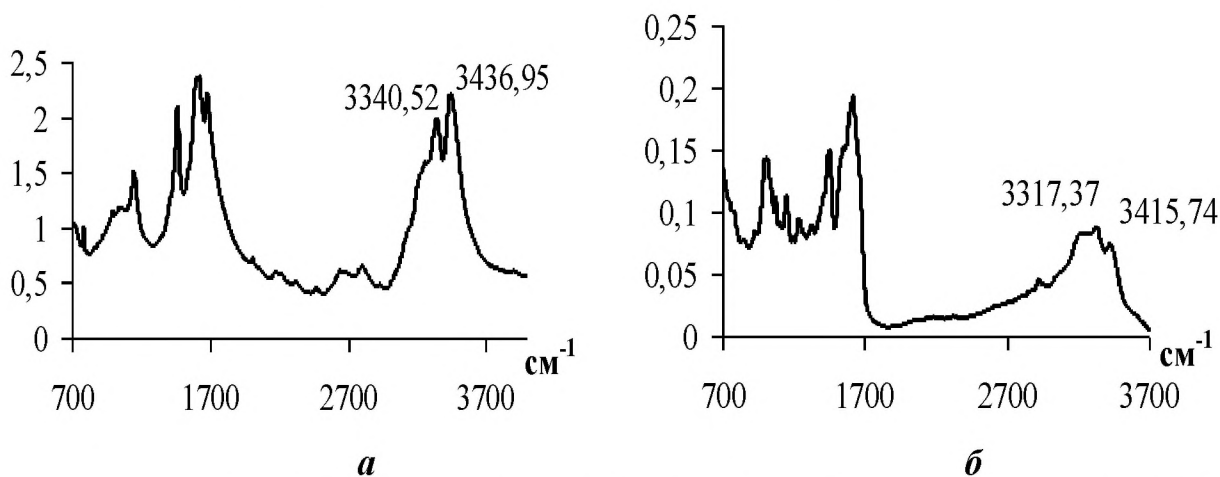
Примітка. Зразок 1 не містить ПВС, зразок 2 містить ПВС.

**Рисунок 3 – Питома теплота випаровування ( $r$ ) і теплоємність ( $c$ ) зразків формувального розчину їстівного покриття/плівки ( $n=3, p \leq 0,05$ )**

Для прогнозування теплоємності залежно від температури для складу формувального розчину біодеградабельного покриття/плівки без ПВС оптимальною є степенева модель  $\hat{y} = 2937,76 \cdot x^{0,054 \cdot x}$ , а для складу формувального розчину біодеградабельного покриття/плівки з ПВС – експоненційна модель  $\hat{y} = 3455,23 \cdot e^{0,001x}$ .

Встановлено доцільність використання як плівкоутворювача низькоетерифікованого пектину зі ступенем етерифікації не менше 24 %. Збільшення вмісту пектину зі ступенем етерифікації 31,0 % зумовлює збільшення міцності матеріалу з 24,3 до 42,7 МПа і подовження з 62 до 90 %, паропроникність зменшується з 7,0 до 5,1 мг/(м·год·кПа).

Науково обґрунтовано застосування карбаміду як пластифікатора на основі комплексного порівняльного дослідження пластифікаторів різної хімічної природи: гліцерину, сорбіту, глюкози, фруктози, сахарози, карбаміду, а також їх комбінацій: карбамід+глюкоза, карбамід+сорбіт, сорбіт+глюкоза, карбамід+сахароза. Вперше за допомогою ІЧ-спектроскопії (рис. 4) встановлено хімічну взаємодію карбаміду та желатину, що зумовлює збільшення відносного подовження їстівної плівки до 171 %.



**Рисунок 4 – ІЧ-спектри: а – карбаміду; б – їстівної плівки з карбамідом ( $n=3, p \leq 0,05$ )**



ІЧ-спектр карбаміду містить подвійний пік (див. рис. 4 а), що знаходиться при 3340,52; 3436,95  $\text{см}^{-1}$  і є характерним для первинної аміногрупи. В спектрі плівки, яка складається з крохмалю, желатину і карбаміду, зазначеного яскраво вираженого подвійного піку немає, залишилися лише його сліди з малою інтенсивністю при 3317,37  $\text{см}^{-1}$ ; 3415,74  $\text{см}^{-1}$  (див. рис. 4 б), що підтверджує хімічну взаємодію карбаміду з карбоксильними групами желатину.

Крім того, плівки з карбамідом мають найменшу паропроникність 4,7  $\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{год}\cdot\text{кПа})$  серед плівок з дослідженими пластифікаторами (табл. 2).

**Таблиця 2 – Зміна паропроникності залежно від виду пластифікатора**

( $n=5, p\leq 0,05$ )

Пластифікатор	Паропроникність, $\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{год}\cdot\text{кПа})$
Гліцерин	7,8±0,3
Сорбіт	6,8±0,3
Глюкоза	5,8±0,4
Фруктоза	6,1±0,2
Сахароза	6,2±0,2
Карбід	4,7±0,1
Карбамід+глюкоза	4,9±0,4
Карбамід+сорбіт	5,5±0,1
Сорбіт+глюкоза	6,3±0,2

Примітка. Склад плівки: крохмаль – 5 %; желатин – 15 %; лляна олія – 5 %; пластифікатор – 3 %; вода – 72 %.

На основі комплексних досліджень органолептичних, фізико-механічних та бар'єрних властивостей запропоновано та науково обґрунтовано використання циклодекстринів (декстринів Шардингера,  $\beta$ -циклодекстрину) як пластифікатора істивного покриття.

Проведено оптимізацію складу біодеградабельного істивного покриття/плівки за допомогою рототабельного планування другого порядку (табл. 3). Вибір факторів зумовлений їх впливом на критерій оптимізації, що встановлено експериментальним способом.

**Таблиця 3 – Матриця планування експерименту**

Найменування фактору, одиниці вимірювання	Рівень варіювання					Інтервал варіювання
	-1,682	-1	0	1	1,682	
Кількість желатину $X_1$ , %	6,59	10	15	20	23,41	5
Кількість карбаміду $X_2$ , %	1,32	2	3	4	4,68	1
Кількість лляної олії $X_3$ , %	1,32	3	5	7	8,36	2

На основі математичної моделі залежності паропроникності від складових істивного покриття/плівки:

$$y(WVP) = 4,730 - 0,658x_1 - 0,161x_2 - 0,397x_2^2 - 0,121x_3^2 + 0,126x_2x_3,$$

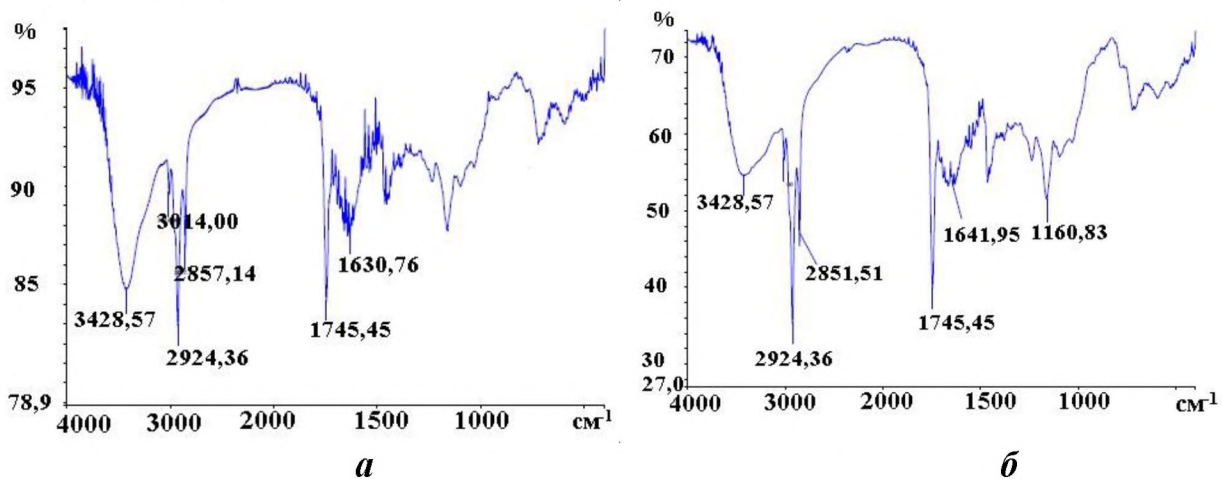
встановлено, що найменша паропроникність досягається за таких концентрацій складових формувального розчину істивного покриття/плівки: крохмаль – 4,93 %; желатин – 15,11 %; карбамід – 2,83 %; лляна олія – 5,05 %; вода – 72,08 %.

Вперше науково обґрунтовано застосування молока та молочної сироватки як розчинників у виробництві біодеградабельних істивних плівок/покриттів. Так, у разі використання сироватки це забезпечує зменшення паропроникності з 4,7 до 4,4  $\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{год}\cdot\text{кПа})$  та до 4,1  $\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{год}\cdot\text{кПа})$  – для молока (табл. 4).

**Таблиця 4 – Значення паропроникності їстівної плівки з різними розчинниками** ( $n=5, p \leq 0,05$ )

№	Вміст компонентів, %								Паропроникність, мг/(м·год·кПа)
	Крохмаль картопляний	Желатин	ПВС	Карбамід	Ляна олія	Вода	Молоко	Сироватка	
1	5	15	-	3	5	72	-	-	4,7±0,1
2	5	15	-	3	5	-	72	-	4,1±0,5
3	5	15	-	3	5	-	-	72	4,4±0,1
4	5	15	1,5	3	5	69	-	-	7,6±0,3
5	5	15	1,5	3	5	-	69	-	6,9±0,4
6	5	15	1,5	3	5	-	-	69	7,1±0,3

Встановлено за допомогою ТГА, що молоко та сироватка сприяють більш міцному утриманню води в їстівному покритті/плівці, а за допомогою ІЧ-спектроскопії (рис. 5) доведено, що утримання вологи здійснюється за рахунок водневих зв'язків.



**Рисунок 5 – ІЧ-спектри зразків плівки з різними розчинниками:**  
**а – водою; б – молоком** ( $n=3, p \leq 0,05$ )

Водневий зв'язок змінює силову константу зв'язку  $\nu_{OH}$  і призводить до зменшення частоти коливань і характеру смуги поглинання. Таким чином складові молока (білок, вуглеводи) впливають на участь гідроксильних груп крохмалю і желатину в утворенні водневих зв'язків, що в свою чергу збільшує міцність плівки.

Крім того, за умови використання молока 100 г харчового продукту збагачується білком на 0,61 г, кальцієм – на 26,4 мг та на 0,21 г білка і 13,2 мг кальцію у разі використання молочної сироватки.

Науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність введення до складу їстівного біодеградабельного покриття/плівки функціональних добавок. Зокрема, гідрофобну складову (ляну олію), яка

дозволяє зменшити паропроникність з 6,8 до 4,7 мг/(м·год·кПа), нанодисперсний порошок  $TiO_2$  як антимікробну складову, яка здійснює пригнічувальний ефект на *E. coli* та *B. subtilis*, що дозволяє рекомендувати біодеградабельне їстівне покриття як дієвий засіб проти «картопляної хвороби» хліба. Результати провокаційного тестування наведено в табл. 5.

**Таблиця 5 – Провокаційне тестування шматочків пшеничного хліба**

( $n=3, p \leq 0,05$ )

Термін, год.	Вміст <i>Bacillus subtilis</i> , КУО/г	
	Контроль	Дослід
0	$(9,7 \pm 0,01) \times 10^4$	$(1,0 \pm 0,01) \times 10^5$
24	$(7,9 \pm 0,02) \times 10^5$	$(1,5 \pm 0,01) \times 10^5$
48	$(5,1 \pm 0,02) \times 10^6$	$(2,9 \pm 0,02) \times 10^5$

Примітки.

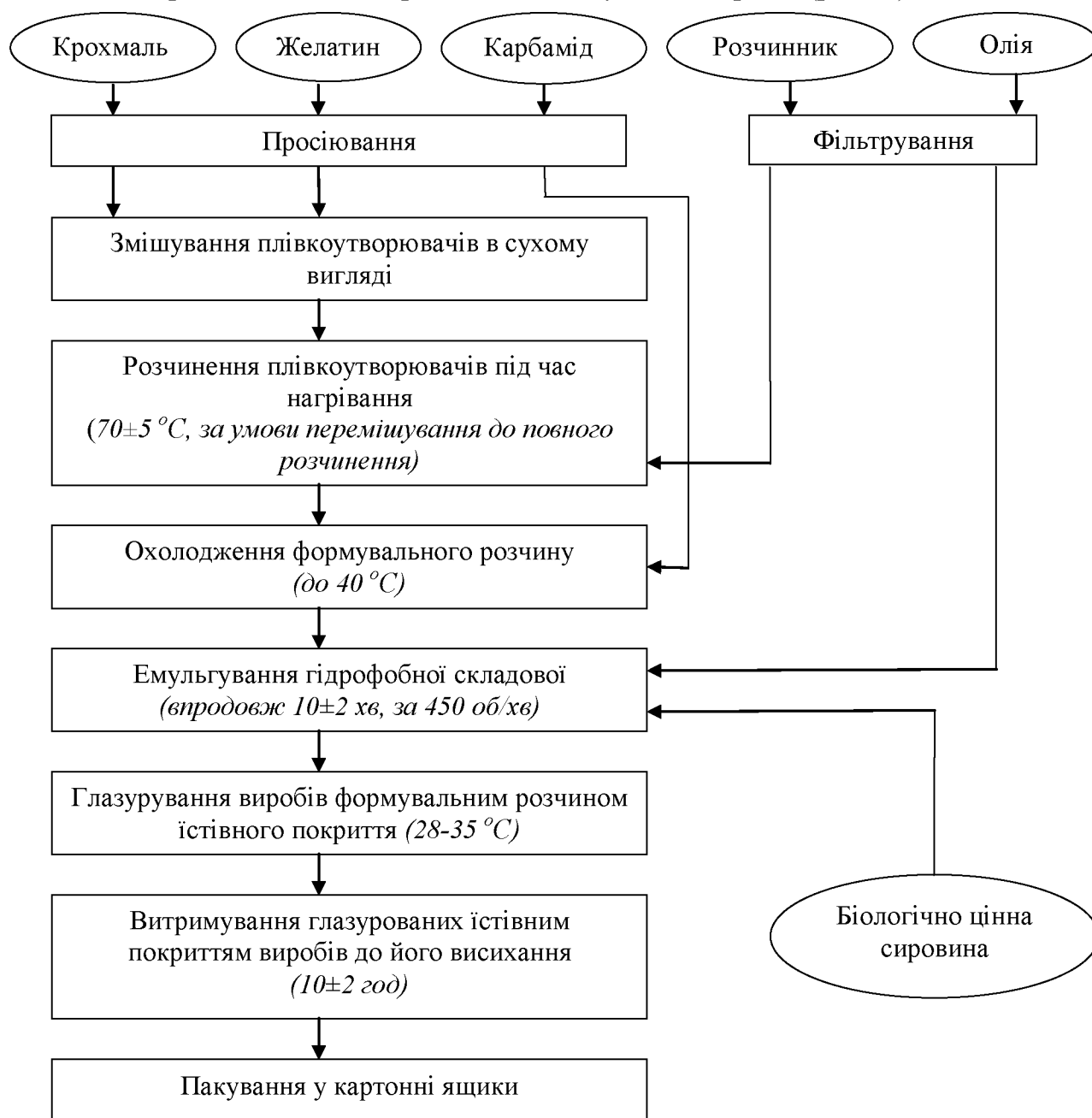
1. Контроль – шматок пшеничного хліба товщиною 20 мм запакований в поліетиленову стрейч плівку, товщиною 20 мкм і попередньо який був заражений *Bacillus subtilis*.
2. Дослід – шматок пшеничного хліба товщиною 20 мм на поверхню якого нанесено їстівне покриття з 1 %  $TiO_2$  і попередньо який був заражений *Bacillus subtilis*.

На основі проведених досліджень встановлена доцільність введення до складу їстівних покриттів:

- фруктових та овочевих порошоків як джерела природних барвників з метою розширення асортименту кондитерських і хлібобулочних виробів;
- вітаміну С у кількості 0,5 % до складу формувального розчину їстівного покриття, що дозволяє задовольнити добову потребу за умови споживання 100 г: помадних цукерок на 45 %, мармеладу – на 100 %, пряникових виробів – на 100 % та 277 г хліба – на 70 %;
- вітаміну F, за умови, що лляна олія додається у кількості 5 % до складу формувального розчину покриття, це дозволяє збагатити 100 г: помадних цукерок на 466 мг вітаміном F; мармеладу на 423 мг; пряників на 949 мг та 277 г хліба на 305 мг;
- йоду, за умови додавання 0,7 % еламіну до складу формувального розчину їстівного покриття, що дозволяє задовольнити добову потребу у разі споживання 100 г: мармеладу – на 39 %, помадних цукерок – на 43 %, пряників – на 78 % та 277 г хліба – на 28 %;
- сухої пробіотичної закваски за умови внесення її до складу формувального розчину їстівного покриття у кількості 0,4 %, що збагачує щоденний раціон пересічного споживача пробіотичними культурами у кількості  $1,4 \times 10^6 \dots 2,8 \times 10^7$  КУО, за умови щоденної норми споживання хліба у кількості 277 г. Оскільки наведені добавки нетермостабільні, їстівне покриття є єдиним способом внесення зазначених речовин до складу продукту. Новизну технічного рішення досліджуваних складів їстівних плівок та покриттів підтверджено патентами України на винахід №112821, 114573, 114574, 115195.

Вперше запропоновано автоматизований розрахунок складу їстівного покриття/плівки за допомогою програмного забезпечення *Microsoft Office Access*.

Розроблено принципову технологічну схему виготовлення і нанесення їстівного покриття на кондитерські та хлібобулочні вироби (рис. 6).



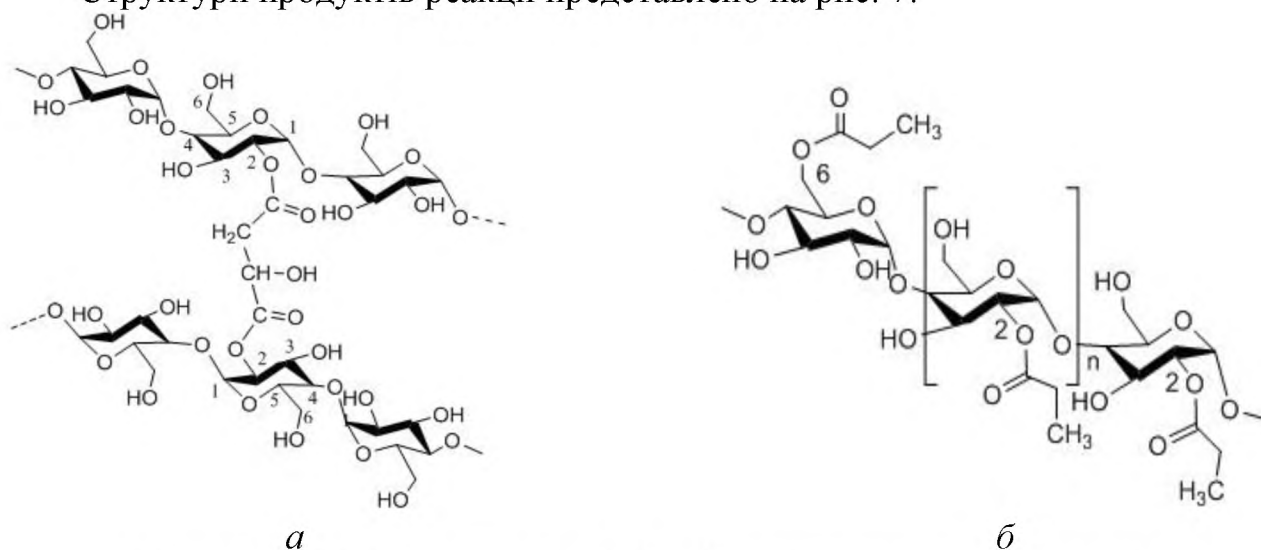
**Рисунок 6 – Принципова технологічна схема виготовлення і нанесення їстівного покриття на кондитерські і хлібобулочні вироби**

Їстівне покриття на поверхню виробів доцільно наносити методом глазурування, перевагою якого є використання існуючого технологічного обладнання. Для заготівельних фабрик або кафе-пекарень також можна запропонувати обладнання для глазурування – Choko-Line R400, Imprex EM-300 з охолоджувальним транспортером Imprex CT-400.4 робоча зона якого становить лише 4 м. Все залежить від виробничих площ та потужності заготівельної фабрики. Їстівне покриття аналогічно до шоколадної глазури потребує підтримування температури на рівні 35-37 °C під час нанесення на поверхню виробів. Обладнання для виготовлення їстівного покриття (дозатори,

варильні ємності, міксер), як правило, вже є на заготівельній фабриці і може бути використано для виробництва їстівного покриття. Товщину покриття можна регулювати за допомогою обдування одразу після глазурування, як це здійснюється для шоколадної або кондитерської глазури. Оскільки до складу формувального розчину входять нетермостабільні нутрієнти, температура формувального розчину, як і поверхні виробів, не повинна перевищувати 40 °С.

У четвертому розділі «Хімічна модифікація крохмалю та пектину як плівкоутворювачів біодеградабельних плівок та покриттів. Розроблення експрес-методу з визначення ступеня етерифікації пектину» наведено результати вперше проведеної модифікації картопляного крохмалю хлорангідридом ацетиляблучної кислоти. Удосконалено метод модифікації крохмалю за рахунок використання хлорангідриду пропіонової кислоти замість її ангідриду та заміни розчинника на диметилсульфоксид (ДМСО), який є водорозчинним, тому повністю видаляється перед використанням модифікованого крохмалю для харчових продуктів.

Структури продуктів реакції представлено на рис. 7.

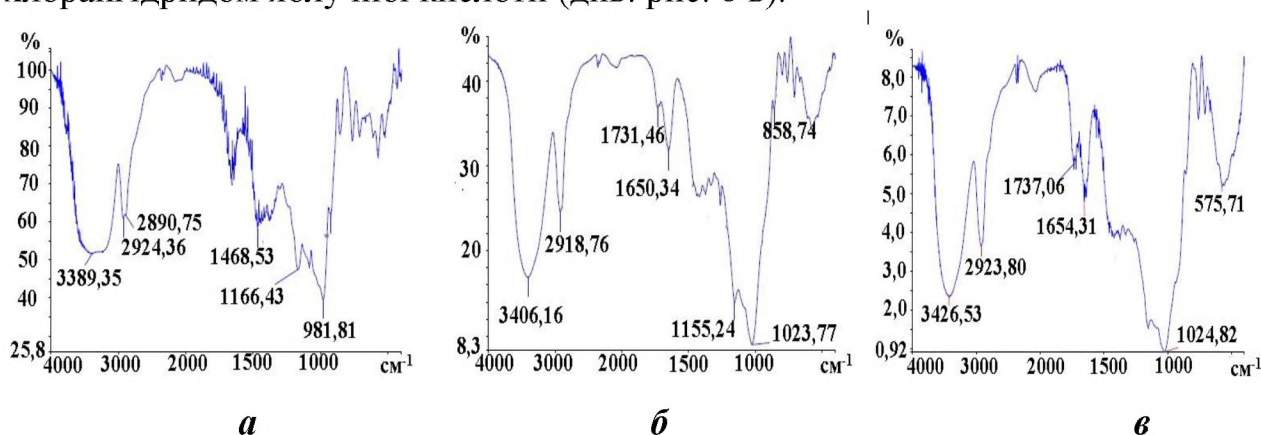


**Рисунок 7 – Продукти модифікації картопляного крохмалю:  
а – хлорангідридом ацетиляблучної кислоти; б – хлорангідридом  
пропіонової кислоти**

Експериментально підтверджена доцільність проведеної хімічної модифікації крохмалю, оскільки це зумовлює зменшення паропроникності біодеградабельних плівок/покриттів на їх основі. Паропроникність плівки на основі хімічно модифікованого крохмалю хлорангідридом ацетиляблучної кислоти становить 4,0 мг/(м·год·кПа), а на основі хімічно модифікованого крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти – 5,1 мг/(м·год·кПа), що дозволяє використовувати отримані крохмалі як плівкоутворювачі для виробництва біодеградабельних покриттів харчових продуктів. Отримання нових структур модифікованого картопляного крохмалю підтверджено методами ІЧ- (рис. 8) та ЯМР-спектроскопії, елементного аналізу, ТГА та РФА.

Підтвердження реакції ацилування картопляного крохмалю здійснюється на основі характеру смуги валентних коливань  $\nu_{OH}$ . В спектрі зразка нативного крохмалю (див. рис. 8 а) присутня достатньо широка інтенсивна смуга, яка

знаходиться при  $3389,35\text{ см}^{-1}$ , а в спектрі зразка модифікованого крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти (див. рис. 8 б), ця смуга більш інтенсивна і менш широка та знаходиться в полі більш сильних коливань при  $3406,16\text{ см}^{-1}$ . Це вказує на участь  $\nu\text{OH}$  у водневих зв'язках. Аналогічна зміна характеру смуги валентних коливань  $\nu\text{OH}$  спостерігається і для модифікованого крохмалю хлорангідридом яблучної кислоти (див. рис. 8 в).



**Рисунок 8 – ІЧ-спектри: а – нативного картопляного крохмалю, б – модифікованого хлорангідридом пропіонової кислоти, в – хлорангідридом яблучної кислоти ( $n=3$ ,  $p\leq 0,05$ )**

Крім того, для обох модифікованих крохмалів з'явився максимум при  $1731,46\text{ см}^{-1}$  (див. рис. 8 б) та  $1737,06\text{ см}^{-1}$  (див. рис. 8 в), що характерно для  $\text{C}=\text{O}$  у складі естерної групи. Підтвердженням модифікації крохмалю хлорангідридом яблучної кислоти також є відсутність в ІЧ-спектрі (див. рис. 8 в) сигналу ацилхлоридної групи ( $1785\text{-}1815\text{ см}^{-1}$ ) і сигналу продуктів гідролізу хлорангідриду ацетиляблучної кислоти, а саме смуги коливань карбонової кислоти групи  $\nu\text{C}=\text{O}$  ( $1750\text{-}1770\text{ см}^{-1}$  та їх солей  $1640\text{ см}^{-1}$ ).

Вперше синтезовано продукти модифікації пектину цетиловим спиртом (ЦС), пальмітиновим ангідридом (ПА), карбамідом. Експериментально підтверджена доцільність проведеної хімічної модифікації пектину, що дозволить розширити асортимент плівок з пектину залежно від їх призначення. Модифікація карбамідом та амоніаком надає пектину термозворотності, а ЦС і ПА дозволяє поліпшити бар'єрні властивості (табл. 6).

Отримані результати підтверджують, що введення гідрофобної складової в структуру плівкоутворювача (пектину) зменшує паропроникність плівки, тому чисельні значення паропроникності найменші за умови найбільшого вмісту модифікованого пектину ЦС або ПА у складі плівки ( $3,4$  та  $3,5\text{ мг}/(\text{м}\cdot\text{год}\cdot\text{кПа})$ ) відповідно (див. табл. 6).

Крім того, модифікатори ЦС та ПА надають емульгуючих властивостей пектину за рахунок їх довгих вуглецевих ланцюгів подібно до поверхнево активних речовин, що сприяє рівномірному розподілу олеїнової кислоти у складі плівки і, як наслідок, зменшує паропроникність плівок.

Розроблено ТУ У 10.62-02070938-281:2018 «Модифікований крохмаль. Технічні умови» та ТУ У 10.89-02070938-282:2018 «Модифікований пектин.

Технічні умови» вимоги яких відповідають рівню безпечності харчових продуктів.

**Таблиця 6 – Властивості плівки з пектином модифікованим ЦС та ПА**  
( $n=5, p \leq 0,05$ )

Вміст пектин модиф., %	Міцність, МПа		Подовження, %		Паропроникність, мг/(м·год·кПа)	
	ЦС	ПА	ЦС	ПА	ЦС	ПА
0,5	20,8±3	22,8±1	68±3	32±2	4,9±0,4	5,1±0,3
1,5	21,0±3	27,3±2	66±3	47±5	4,6±0,3	4,8±0,1
2,5	20,6±5	30,5±2	70±5	55±3	4,2±0,3	4,4±0,2
3,5	20,7±3	32,4±3	66±3	63±3	3,7±0,5	3,8±0,5
4,5	21,5±4	39,0±1	71±2	84±4	3,4±0,2	3,5±0,1

Примітка. Вміст інших компонентів у складі плівки ПВС – 1,5 %, гліцерин – 2 %, олеїнова кислота – 2 %, вода – решта.

Розроблено експрес-метод визначення ступеня етерифікації пектину за титрованою кислотністю на основі розрахованої математичної моделі ( $\hat{y}=17974,9 \cdot x^{-1,25}$ ) завдяки встановленій залежності між титрованою кислотністю пектину і ступенем етерифікації (рис. 9).



**Рисунок 9 – Загальна кислотність пектину залежно від його ступеня етерифікації** ( $n=5, p \leq 0,05$ )

Допустима абсолютна похибка вимірювання ступеня етерифікації пектину за розробленим методом становлять  $\pm 2$  % за довірчої ймовірності  $P=0,95$ .

У п'ятому розділі «Наукове обґрунтування виробництва кондитерських і хлібобулочних виробів з біодеградабельним їстівним покриттям» представлені результати дослідження доцільності застосування біодеградабельного їстівного покриття для кондитерських і хлібобулочних виробів. Склад їстівного покриття (відповідно до затвердженої рецептури), який наносився на поверхню виробів такий: картопляний крохмаль – 5,0 %; желатин – 15,0 %; карбамід – 3,0 %; лляна олія – 5,0 %; вода – 72,0 %. Науково

обґрунтовано та експериментально підтверджено заміну тиражного цукрового сиропу на їстівне покриття для пряників. Органолептичні показники за наявності їстівного покриття поліпшуються за рахунок створення глянцевої поверхні. Масова частка вологи наприкінці строку зберігання пряників у їстівному покритті більша на 0,7 % порівняно з пряниками в тиражному сиропі (табл. 7).

**Таблиця 7 – Зміна масової частки вологи пряників впродовж строку зберігання**  $(n=5, p\leq 0,05)$

Тривалість зберігання, діб	Пряники у їстівному покритті, %	Пряники у синтетичному матеріалі, %	Пряники у тиражному цукровому сиропі, %
0	15,5±0,4	15,5±0,4	15,5±0,4
7	16,0±0,5	15,4±0,1	15,5±0,2
15	15,5±0,4	15,2±0,4	15,0±0,3
22	15,0±0,3	15,0±0,3	14,7±0,3
29	14,7±0,3	14,6±0,3	14,2±0,2
36	14,3±0,1	14,3±0,2	13,5±0,5
43	13,9±0,5	13,5±0,5	13,2±0,2

Примітки.

- 0 діб це дослідження проведені в день виготовлення пряникових виробів після їх охолодження.
- Синтетичний матеріал – це поліетиленова стрейч плівка, товщиною 20 мкм.

Згідно отриманих експериментальних даних (табл. 7) на початковому етапі масова частка вологи пряників у їстівному покритті дещо зростала (на 0,5 %) за рахунок поглинання вологи з нанесеного формувального розчину покриття, проте не перевищувала норму 16 % відповідно до діючої нормативної документації України.

Формувальний розчин їстівного покриття містить 72 % вологи, тому під час нанесення на поверхню виробів у кількості 9,8 г покриття (в середньому) на пряник масою 30 г, додається відповідно 6,9 г вологи. Проте основна частини вологи з покриття випаровується в навколишнє середовище. Подальше зменшення вологи впродовж строку зберігання для зразків з їстівним покриттям відбувається повільніше порівняно зі зразком у тиражному цукровому сиропі, внаслідок наявних в їстівному покритті мікропор, які забезпечують більш повільне випаровування вологи, ніж поглинання вологи з повітря за рахунок гігроскопічності цукрового сиропу.

Намочуваність пряників в їстівному покритті більша і становить 180 %, проти 172 % – у тиражному цукровому сиропі. Крихтуватість пряників у їстівному покритті та в тиражному сиропі наприкінці строку зберігання відрізняються несуттєво (4,8 та 5,4 %).

Експериментально підтверджено доцільність заміни індивідуального пакування помадних цукерок (цукрових, молочних) на їстівне покриття, товщина якого становить 0,504±0,05 мм зверху цукерки, 0,382±0,05 мм на бокових поверхнях цукерки та 0,111±0,05 мм на днищі цукерки. Органолептичні показники не змінюються внаслідок використання їстівного

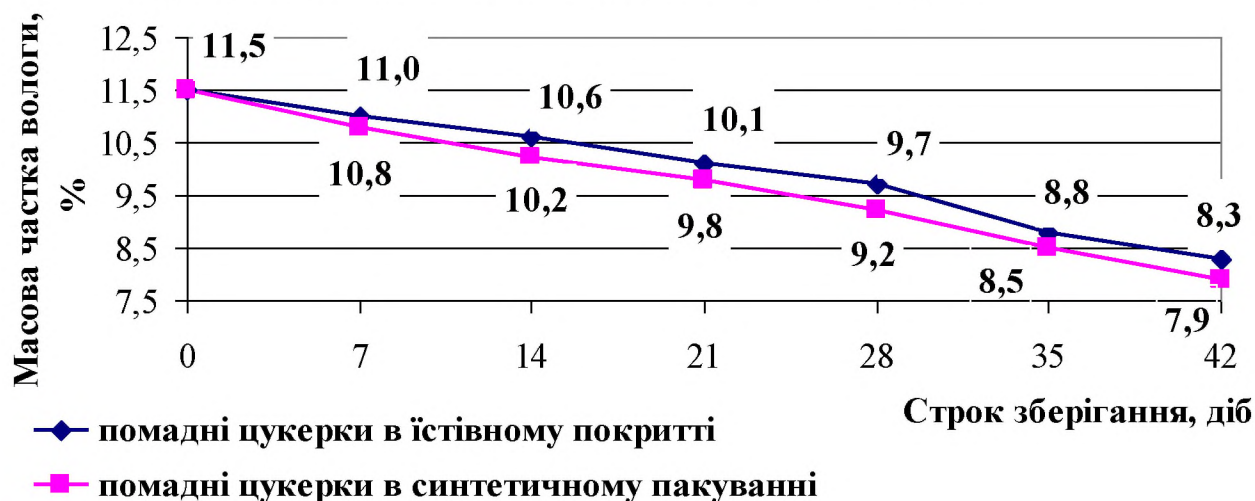


покриття. Масова частка води цукерок у їстівному покритті наприкінці строку зберігання більша на 0,1 % для молочних (табл. 8) та на 0,4 % для цукрових (рис. 10) порівняно з цукерками у традиційній обгортці.

**Таблиця 8 – Зміна масової частки води помадних молочних цукерок «Корівка» впродовж строку зберігання** ( $n=5, p \leq 0,05$ )

Строк зберігання, діб	Масова частка води цукерок «Корівка», %	
	паперова обгортка	їстівне покриття
0	14,4±0,4	14,4±0,4
7	13,9±0,4	13,8±0,5
14	13,6±0,3	13,2±0,4
28	13,1±0,3	12,8±0,2
42	12,8±0,2	12,4±0,5
56	12,2±0,2	12,1±0,2
70	11,8±0,1	11,8±0,1
90	11,3±0,1	11,4±0,1

Результати (див. табл. 8 та рис. 10) показують, що їстівне покриття є дієвим засобом збереження масової частки води помадних цукерок.



*Примітка. Синтетичне пакування – це поліетиленова стрейч плівка, товщиною 20 мкм.*

**Рисунок 10 – Зміна масової частки води помадних цукерок впродовж строку зберігання** ( $n=5, p \leq 0,05$ )

Розбіжність у 0,4 % (див. рис. 10) масової частки води помадних цукерок зразка у синтетичному пакуванні та їстівного покриття знаходиться в межах похибки експерименту ( $\pm 0,4$  %).

Зменшення маси цукерок в їстівному покритті наприкінці строку зберігання становить для цукрових – 1,11 %, для молочних – 6,24 %, тоді як для контрольних зразків – 1,70; 5,78 % відповідно.

Різниці масових часток редуковувальних речовин між зразками у їстівному покритті та традиційній обгортці не суттєві наприкінці строку зберігання як для цукрових, так і молочних помадних цукерок. Збільшення розміру кристалів сахарози впродовж строку зберігання відбувається більш повільно для

помадних цукерок з їстівним покриттям обох видів порівняно з цукерками в традиційній обгортці (табл. 9).

**Таблиця 9 – Розміри та кількість фракцій кристалів цукру в цукерках впродовж строку зберігання** ( $n=3, p \leq 0,05$ )

Строк зберігання, діб	Вид пакування	Кількість фракцій (мкм), %					
		<10	11–20	21–30	31–40	41–50	>51
0	Синтетичне та їстівне	–	33±3	40±2	–	–	27±1
7	Синтетичне	18±2	82±5	–	–	–	–
	Їстівне	62±1	38±1	–	–	–	–
14	Синтетичне	–	87±1	13±1	–	–	–
	Їстівне	–	–	32±1	66±2	2±1	–
21	Синтетичне	–	–	13±4	27±4	60±2	–
	Їстівне	–	27±2	40±1	33±1	–	–
28	Синтетичне	–	–	–	53±1	27±3	20±2
	Їстівне	–	–	40±2	47±3	13±1	–
42	Синтетичне	–	–	14±1	39±1	47±2	–
	Їстівне	–	21±1	54±1	25±1	–	–

Примітка. Синтетичне пакування – це поліетиленова стрейч плівка, товщиною 20 мкм.

Отримані результати показують, що дрібнокристалічна структура цукерок краще зберігається для зразків з їстівним покриттям. Наприклад, на 28 добу зберігання зразок в синтетичному пакуванні має фракцію кристалів більше 51 мкм, тоді як зразок в їстівному покритті такої фракції не містить.

Кількість фракції 41-50 мкм у синтетичному пакуванні більша вдвічі, ніж у їстівному. Зазначена закономірність зумовлена тим, що запропоноване їстівне покриття щільно прилягає до поверхні цукерки, внаслідок чого зменшується випаровування вологи з її корпусу, що підтверджується результатами дослідження зі зміни вологості цукерок впродовж строку зберігання (див. рис. 10).

Науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність заміни для мармеладу оброблення поверхні цукром на їстівне покриття (товщиною  $0,061 \pm 0,003$  мм). Органолептичні показники мармеладу у їстівному покритті поліпшуються за рахунок набуття глянцевої та яскравості кольору. За визначеними показниками: масова частка вологи (табл. 10), зменшення маси, вміст редукувальних речовин, активність води (див. табл. 10) та кислотність мармеладів у їстівному покритті не поступається виробам у цукрі.

Згідно з результатами дослідження (див. табл. 10) зменшення вологи у виробках відбувалося на однаковому рівні незалежно від виду обробки поверхні, що підтверджує доцільність застосування їстівного покриття як повноцінної заміни цукрової обробки. Це цілком закономірно, оскільки їстівне покриття має певні бар'єрні властивості, зокрема, низьку паропроникність. Крім того, результати табл. 10 показують, що їстівне покриття сприяє зниженню активності води в продукті впродовж строку зберігання, оскільки масова частка

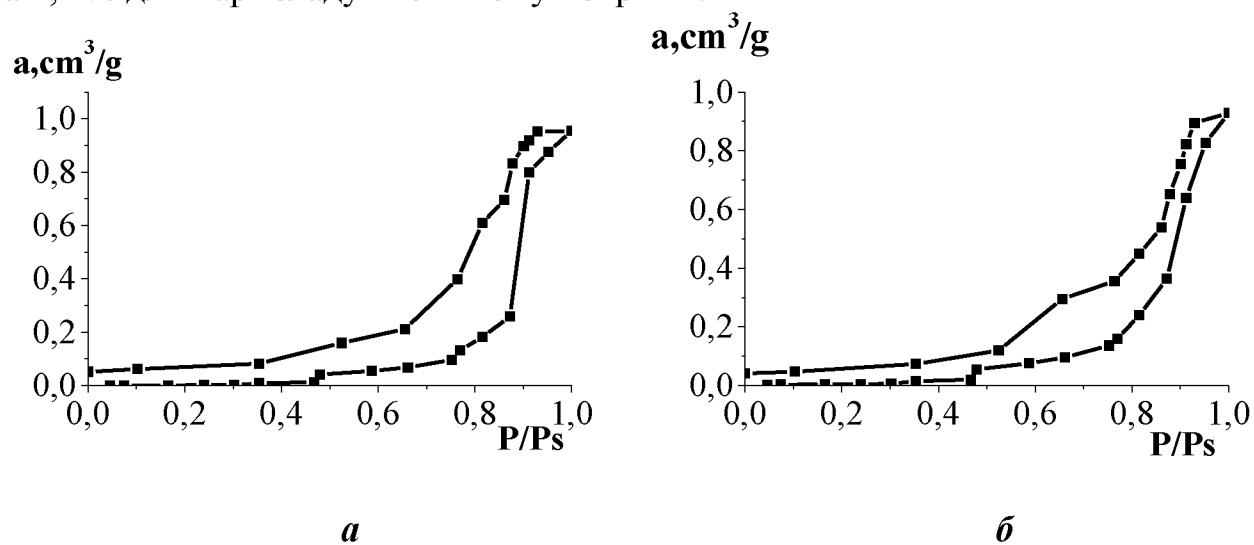
вологи продукту в їстівному покритті наприкінці строку зберігання має дещо нижчі значення, порівняно з виробами в цукрі.

**Таблиця 10 – Зміна масової частки вологи та активності води мармеладу впродовж строку зберігання**

Строк зберігання, міс.	Масова частка вологи мармеладу, % ( $n=5, p \leq 0,05$ )		Активність води ( $A_w$ ) мармеладу ( $n=3, p \leq 0,05$ )	
	в цукрі	в їстівному покритті	в цукрі	в їстівному покритті
0	21,8±0,5	21,8±0,5	0,713±0,002	0,693±0,002
0,5	20,1±0,3	21,5±0,5	0,678±0,001	0,671±0,001
1	19,0±0,4	19,8±0,5	0,662±0,001	0,666±0,001
1,5	18,0±0,4	18,1±0,4	0,671±0,001	0,673±0,001
2	17,2±0,4	16,6±0,5	0,701±0,002	0,686±0,002
2,5	16,4±0,3	15,4±0,3	0,677±0,001	0,669±0,001
3	15,7±0,3	14,7±0,3	0,667±0,001	0,648±0,001
3,5	15,0±0,3	14,2±0,2	0,678±0,001	0,653±0,001
4	14,5±0,2	13,7±0,2	0,682±0,001	0,673±0,001
4,5	14,2±0,2	13,6±0,5	0,703±0,002	0,687±0,002
5	14,0±0,3	13,3±0,2	0,691±0,002	0,683±0,002

Відомо, що кондитерські вироби з показником активності води 0,75 і вище стають вразливими до дії мікроорганізмів і плісняви. Тому нижчі значення показника активності води виробів в їстівному покритті порівняно з виробами в цукрі є позитивним ефектом з точки зору безпеки продуктів.

Крім того, їстівне покриття не здійснює негативного впливу на сорбційні-десорбційні властивості мармеладу (рис. 11), оскільки кількість вологи на завершальній ділянці кривої десорбції становить 5,2 % для мармеладу в цукрі та 4,1 % для мармеладу в їстівному покритті.



**Рисунок 11 – Ізотерми мармеладу залежно від виду оброблення поверхні: а – мармелад в цукрі; б – мармелад в їстівному покритті ( $n=3, p \leq 0,05$ )**

Розроблено екологічно безпечний посуд на основі борошняного напівфабрикату здобного печива – їстівні стакани для гарячих напоїв в межах виконання госпдогвірної теми, які впроваджено у виробництво на підприємстві ТОВ «АГАТА К» (м. Київ).

Рекомендовано кондитерські вироби реалізовувати через заклади ресторанного господарства та інші заклади масового харчування, оскільки продукція власного виробництва та закупні товари споживаються на місці, що суттєво підвищує санітарні умови реалізації кондитерських виробів в їстівному покритті.

Розроблено нормативну документацію (ТУ, ТІ, рецептуру) на досліджені кондитерські вироби з їстівним покриттям, безпечність підтверджено висновком державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Науково обґрунтовано використовувати їстівне покриття для хліба із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна як екологічно безпечної альтернативи паперовим та синтетичним пакувальним матеріалам. Експериментально підтверджено, що органолептичні показники хлібобулочних виробів з їстівним покриттям не погіршуються, а навіть, поліпшуються за рахунок вирівнювання поверхні та набуття блиску. Вологість хліба (табл. 11) в їстівному покритті наприкінці строку зберігання залишається на тому ж рівні, що для виробів у синтетичному пакуванні: 43,8% (в синтетичному пакуванні) та 43,3 % (в їстівному покритті) для житнього хліба і 37,9 % (в синтетичному пакуванні) та 37,7 % (в їстівному покритті) для житньо-пшеничного хліба.

**Таблиця 11 – Зміна вологості м'якушки хліба залежно від виду пакування** ( $n=5, p \leq 0,05$ )

Строк зберігання, год.	Вологість, %			
	Житній хліб		Житньо-пшеничний хліб	
	Синтетичне пакування	Їстівне покриття	Синтетичне пакування	Їстівне покриття
3	49,3±0,5		46,2±0,4	
24	47,2±0,4	46,9±0,4	44,5±0,4	44,7±0,5
48	45,4±0,5	45,2±0,4	43,0±0,3	43,3±0,3
72	43,8±0,3	43,3±0,5	41,4±0,5	41,6±0,3
96	-	-	39,8±0,3	40,0±0,3
120	-	-	38,4±0,2	38,5±0,5
144	-	-	37,9±0,2	37,7±0,2

Примітка. Синтетичне пакування – це поліетиленовий пакет з кліпсою, товщина матеріалу 50 мкм.

Як контроль обрано хліб в поліетиленовому пакеті з кліпсою, товщина матеріалу 50 мкм, оскільки нині це є найбільш поширений пакувальний матеріал для хлібобулочних виробів, тому доцільність його заміни на розроблене біодеградабельне їстівне покриття можна зробити виключно порівнявши зразки хліба, що зберігаються в досліджуваному та зазначеному синтетичному пакуванні. Наведені результати (див. табл. 11) показують, що їстівне покриття є дієвим пакувальним матеріалом, оскільки вологість виробів

зменшується повільно і на одному рівні з синтетичними пакувальними матеріалами. Різниця у значеннях вологості зразків лежить в межах похибки експерименту. Отже, їстівне покриття сприяє збереженню вологи всередині виробу.

Кількість води, що поглинає м'якушка, крихтуватість, структурно-механічні властивості та свіжість для виробів в синтетичному пакуванні і їстівному покритті знаходиться на одному рівні наприкінці строку зберігання, що підтверджується термічним дослідженням (табл. 12).

**Таблиця 12 – Характеристика зон термолізу зразків хліба наприкінці строку зберігання** ( $n=3, p \leq 0,05$ )

Вид пакування	Зони термолізу							
	I		II		III		IV	
	°C	$\Delta m, \%$	°C	$\Delta m, \%$	°C	$\Delta m, \%$	°C	$\Delta m, \%$
Їстівне покриття	75-120	38,9	120-220 220-280	4,0 7,8	280-320 320-520	14,3 10,4	520-720 720-990	20,8 3,9
Синтетичне пакування	65-120	38,0	120-220 220-280	2,8 5,3	280-320 320-520	15,8 10,6	520-720 720-1010	19,6 7,9

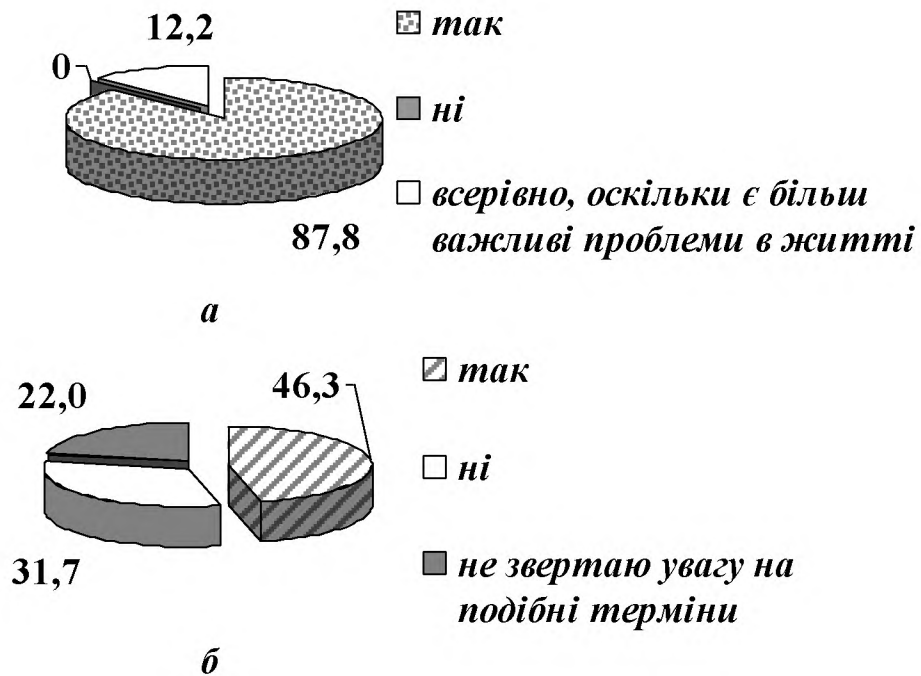
Примітка. Синтетичне пакування – це поліетиленовий пакет з кліпсою, товщина матеріалу 50 мкм.

Відповідно до результатів табл. 12 більша кількість вологи, що виділяється зі зразка, який зберігався в їстівному покритті, зумовлюється вологою, яка перейшла з покриття у хліб з формувального розчину їстівного покриття. Проте ця волога є вільною і тому легко випаровується, що узгоджується з іншими дослідженнями.

У шостому розділі «Економічна, соціальна ефективність та маркетингові дослідження виробів з їстівним покриттям» представлені результати розрахунку економічної ефективності, зокрема, встановлено, що економічна ефективність полягає у зменшенні роздрібною ціни за 1 кг цукерок «Корівка» з 53,96 грн до 51,83 грн за рахунок заміни паперового пакування на їстівне покриття. Роздрібна ціна мармеладу, пряникових виробів та хліба дещо збільшується за умови використання їстівного покриття.

Встановлено, що соціальна ефективність полягає у використанні екологічно безпечного пакувального матеріалу, яке також дозволяє підвищити біологічну цінність кондитерських виробів і хліба із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна за рахунок його рецептурних складових (вітамін С, F, фруктові та овочеві порошки тощо).

Маркетингові дослідження показали (рис. 12), що вироби з їстівним покриттям будуть сприйняті споживачами, проте доцільним буде проведення дегустацій в торговельних мережах та рекламування корисності запропонованих продуктів в закладах ресторанного господарства і масового харчування. Крім того, реалізацію виробів з їстівним покриттям варто розпочати з великих міст, де культура харчування населення більш висока.



**Рисунок 12 – Результати опитування респондентів щодо:**  
**а – підтримки споживачами змін в законодавстві України відносно екологічних питань; б – обізнаності респондентів про поняття «їстівне покриття або плівка»**

Встановлено, що розроблені кондитерські вироби та хліб із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна з їстівним покриттям є конкурентоспроможними, оскільки розраховані інтегральні показники конкурентоспроможності за всіма видам виробів більше одиниці. Приклад для цукерок «Корівка» наведено в табл. 13.

**Таблиця 13 - Фактори конкурентоспроможності цукерок «Корівка»**

Параметри	Розмірність параметра	Вид пакування		Коефіцієнт вагомості
		паперова обгортка	їстівне покриття	
<b>Споживчі</b>				
Екологічність пакування	бал	1,0	5,0	0,25
Дегустаційна оцінка	бал	5,0	5,0	0,25
Зменшення маси наприкінці строку зберігання	%	5,78	6,24	0,2
Масова частка вологи наприкінці строку зберігання	%	11,31	11,43	0,1
<b>Економічні</b>				
Ціна	грн.	53,96	51,83	0,3

$$k_{int} = 1,817/0,288 = 6,309 > 1$$

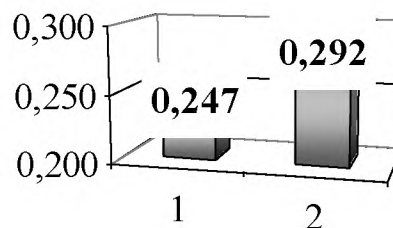
Доцільність застосування їстівного покриття виробів на прикладі цукерок «Корівка» підтверджена функцією Харрінгтона (рис. 13). Параметрами функції бажаності було обрано: зменшення маси наприкінці строку зберігання ( $y_1$ ), масову частку редукувальних речовин ( $y_2$ ), масову частку вологи ( $y_3$ ), екологічність пакування ( $y_4$ ).

$$d_1 = \exp[-\exp(-2,733 + 0,498 \cdot y_1)];$$

$$d_2 = \exp[-\exp(6,978 - 0,498 \cdot y_2)];$$

$$d_3 = \exp[-\exp(5,733 - 0,498 \cdot y_3)];$$

$$d_4 = \exp[-\exp(2,496 - 0,498 \cdot y_4)].$$



**Рисунок 13 – Ранжування зразків цукерок «Корівка» за узагальненою функцією бажаності: 1 – цукерки «Корівка» в традиційній обгортці; 2 – цукерки «Корівка» в їстівному покритті**

Різниця між зразками становить 0,052 (див. рис. 13) не є значною і вказує на те, що наявність їстівного покриття не погіршує властивостей цукерок «Корівка», а навіть дещо поліпшує, що і дозволило отримати більше значення узагальненої функції Харрінгтона.

## ВИСНОВКИ

На основі науково-аналітичного аналізу і узагальнення теоретичних даних, експериментальних та виробничих досліджень обґрунтовано і розроблено технологію біодеградабельного їстівного покриття для помадних цукерок (цукрових, молочних), мармеладу, пряникових виробів і хліба, які дозволяють підвищити харчову, біологічну цінність виробів нетермостабільними есенціальними нутрієнтами та відмовитися від індивідуальних синтетичних та паперових пакувальних матеріалів як неекологічних.

Основні результати проведених досліджень такі:

1. Проаналізовано сучасний стан виробництва біодеградабельних їстівних матеріалів і встановлено, що вони використовуються в обмеженій кількості як на світовому, так і ринку України, що пов'язано з їх більшою собівартістю. На сьогодні серед харчових продуктів в їстівній плівці/покритті на ринку України представлені лише ковбасні вироби у колагенових оболонках, сир та фрукти у восковому покритті. Крім того, в Україні питанню розроблення подібних матеріалів приділяється недостатньо уваги.

2. Розроблено методологію проектування складу їстівного покриття/плівки, яка передбачає використання визначених складових – плівкоутворювачів та пластифікаторів різної природи, розчинників. Встановлено, що для оптимізації бар'єрних властивостей (паропроникності) необхідно використовувати гідрофобну складову – лляну олію, олеїнову кислоту тощо. З метою надання функціональних властивостей біодеградабельним матеріалам, використовувати антимікробні ( $\text{TiO}_2$ ) та

речовини для підвищення харчової цінності продуктів (вітаміни С, F, фруктові та овочеві порошки, пробіотики, еламін).

3. На основі системного аналізу та узагальнення теоретичного і практичного матеріалу розроблено композиції біодеградабельних їстівних покриттів/плівок, до складу яких вперше введено картопляний крохмаль, желатин, карбамід, лляну олію. Запропоновано для виробництва біодеградабельних їстівних покриттів/плівок молоко та молочну сироватку як розчинники; декстрини Шардингера як пластифікатор; фруктові та овочеві порошки, вітаміни С, F з метою підвищення біологічної цінності готових продуктів. Новизну технічного рішення підтверджено патентами України на винахід №115195, №114574 та на корисну модель №112407, №123298, №120727, №120727, №111295.

4. Біодеградабельне їстівне покриття використано для помадних цукерок (цукрових, молочних), мармеладу, пряникових виробів та хліба із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна. За комплексними дослідженнями встановлена доцільність заміни паперової або синтетичної обгортки цукерок та пакування хліба на біодеградабельне їстівне покриття, а також заміни оброблення тиражним цукровим сиропом поверхні пряникових виробів і цукром мармеладу. Встановлено, що їстівне покриття є засобом для створення екологічно безпечного одноразового посуду, зокрема, стаканів для гарячих напоїв, які впроваджено у виробництво на підприємстві ТОВ «АГАТА К» (м. Київ).

5. Їстівне покриття є засобом фортифікації зазначених виробів, що дозволяє, за умови додавання до складу покриття лляної олії у кількості 5 %, збагатити 100 г: помадних цукерок на 466 мг вітаміном F; мармеладу на 423 мг; пряників на 949 мг та 277 г хліба на 305 мг. Встановлено на основі хроматографічного аналізу та йодного числа жиру, що завдяки їстівному покриттю втрати поліненасичених жирних кислот лляної олії як джерела антихолестеринового вітаміну у складі готового продукту, становлять лише 13 % після одного року зберігання. Додавання вітаміну С у кількості 0,5 % до складу покриття забезпечить за умови споживання 100 г: помадних цукерок на 45 % добової потреби, мармеладу на 100 %, пряникових виробів на 100 % та 227 г хліба на 70 %.

6. Сформульовано наукову концепцію проектування складу біодеградабельного їстівного покриття/плівки на основі узагальнення теоретичного аналізу та комплексних експериментальних досліджень, що визначило плівкоутворювач як ключовий технологічний фактор властивостей покриттів/плівок на його основі, що дало підґрунтя для:

- вперше проведеної модифікації картопляного крохмалю хлорангідридом яблучної кислоти, новизну отриманого продукту підтверджено за допомогою ІЧ- та ЯМР-спектроскопії, елементного аналізу, ТГА та РФА. Удосконалено метод модифікації крохмалю за рахунок використання хлорангідриду пропіонової кислоти та заміни розчинника на ДМСО, який є водорозчинним, тому повністю видаляється в процесі перекристалізації. Експериментально підтверджена доцільність проведеної хімічної модифікації



картопляного крохмалю, оскільки це зумовлює зменшення паропроникності біодеградабельних плівок/покриттів на їх основі. Паропроникність плівки на основі хімічно модифікованого крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти становить 5,1 мг/(м·год·кПа), а хімічно модифікованого крохмалю хлорангідридом ацетиляблучної кислоти – 4,0 мг/(м·год·кПа). Отримані продукти модифікації відповідають рівню безпечності харчових продуктів, що підтверджено вимогами розробленого ТУ У 10.62-02070938-281:2018 «Модифікований крохмаль. Технічні умови»;

- вперше проведеної модифікації пектину ЦС, ПА та карбамідом, новизну отриманих продуктів підтверджено за допомогою ІЧ-спектроскопії та елементного аналізу. Експериментально підтверджена доцільність проведеної хімічної модифікації пектину, що дозволить розширити асортимент плівок з пектину залежно від їх призначення. Модифікація карбамідом надає пектину термозворотності, а ЦС і ПА дозволяють зменшити паропроникність плівок на їх основі з 6,0 мг/(м·год·кПа) до 3,4 та 3,5 мг/(м·год·кПа) відповідно та надають емульгуючих властивостей пектину. Отримані продукти модифікації відповідають рівню безпечності харчових продуктів, що підтверджено вимогами розробленого ТУ У 10.89-02070938-282:2018 «Модифікований пектин. Технічні умови».

7. Розроблено експрес-метод визначення ступеня етерифікації пектину за його титрованою кислотністю та описаний математичною моделлю, оскільки ступінь етерифікації пектину є визначальним показником для формування властивостей покриттів/плівок на його основі. Запропонований метод захищений свідоцтвом про реєстрації авторського права на твір №76005 від 17.01.2018 р.

8. Розроблено математичну модель для оптимізації складу біодеградабельного їстівного покриття/плівки, що дозволило зробити автоматизований розрахунок за допомогою програмного забезпечення *Microsoft Office Access* та математичну модель визначення теплоємності формувального розчину їстівного покриття/плівки.

9. Розроблено технологію біодеградабельного їстівного покриття для кондитерських та хлібобулочних виробів, яке наноситься з використанням методу глазурування, що дозволить використовувати існуюче глазурувальне обладнання. Розроблено ТУ на виробу з їстівним покриттям і затверджено у встановленому порядку рецептуру та ТІ на їстівне покриття, безпечність підтверджена висновком державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

10. Маркетингові дослідження показали, що виробу з їстівним покриттям будуть сприйняті споживачами, проте доцільним буде проведення дегустацій в торговельних мережах та рекламування корисності запропонованих продуктів в закладах масового харчування. Крім того, реалізацію виробів з їстівним покриттям варто розпочати з великих міст. Встановлено на основі інтегрального показника, що розроблені кондитерські та хлібобулочні виробу з їстівним покриттям є конкурентоспроможними. Доцільність застосування їстівного покриття виробів на прикладі цукерок «Корівка» підтверджена функцією Харрінгтона.

11. Впровадження результатів роботи на підприємствах та закладах масового харчування сприяє вирішенню економічних і соціальних проблем:

- економічна ефективність полягає у зменшенні роздрібної ціни за 1 кг цукерок «Корівка» з 53,96 грн до 51,83 грн за рахунок заміни паперового пакування на їстівне покриття. Роздрібна ціна мармеладу, пряникових виробів та хліба дещо збільшується за умови використання їстівного покриття;

- підвищується соціальна ефективність за рахунок впровадження екологічно безпечного пакувального матеріалу, яке також дозволяє підвищити біологічну цінність кондитерських виробів і хліба із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна за рахунок його рецептурних складових (вітаміни С, F, фруктові та овочеві порошки тощо).

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВОИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Статті у наукових фахових виданнях України та інших держав, які включені до міжнародних наукометричних баз**

1. Чорна А. І. Сучасний стан і перспективи розроблення нових видів пакування для хлібобулочних виробів / А. І. Чорна, Л. Ю. Арсеньева, О. С. Шульга // Наукові праці НУХТ. – 2015, том 21. – № 6. – С. 27-34. (Журнал «Наукові праці НУХТ» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук та індексується в Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar)

2. Чорна А. І. Оцінка якості полімерних пакувальних матеріалів для хлібобулочних виробів / А. І. Чорна, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньева // Товарознавчий вісник: збірник наукових праць. – Луцьк: ЛНТУ, 2016. – Вип. 9. – С. 157-166. (Журнал «Товарознавчий вісник: збірник наукових праць» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук)

3. Чорна А. І. Їстівні плівки – перспективний напрям пакування харчових продуктів / А. І. Чорна, Л. Ю. Арсеньева, О. С. Шульга // Вісник Львівської комерційної академії, 2016. – Вип. 16. – С. 81-85. (Журнал «Вісник Львівської комерційної академії» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук та індексується в Ulrich's Periodicals, Google Scholar)

4. Пакувальні біодеградабельні плівки на основі полівінілового спирту / [А. І. Чорна, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньева та ін.] // Упаковка. – 2016. – № 6. – С. 32-35. (Журнал «Упаковка» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук)

5. Antibacterial biodegradable films for foods / [A. Chorna, O. Shulga, L. Arsenieva et al.] // Ukrainian Food Journal. – 2016, Vol. 5, Issue 1. – P. 88-95. (Журнал «Ukrainian Food Journal» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук та індексується в Index Copernicus, Ulrich's Periodicals, Google Scholar, Web of Science)

6. Edible coating as factor of preserving freshness and increasing biological value of gingerbread cakes / O. S. Shulga, A. I. Chorna, L. Y. Arsenieva, A. O. Hol // Food science and technology. – 2016. – Vol. 10. – Issue 4. – P. 9-13. (Журнал «Food science and technology» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань)

України з технічних наук та індексується в Google Scholar, Ulrich's Periodicals, Web of Science)

7. Infrared Spectroscopy for Studying Foods and Biodegradable Packaging / [O. Shulga, A. Chorna, L. Arsenieva et al.] // Journal of Food Science and Engineering. – 2016. – Vol. 6, № 5. – P. 286-298. (Журнал «Journal of Food Science and Engineering» (США) індексується в Index Copernicus, Google Scholar)

8. Использование съедобных пленочных покрытий для хлебобулочных и кондитерских изделий / [А. И. Черная, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньева и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – № 3(38). – С. 39-44. (Журнал «Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов» входит до переліку РІНЦ SCIENCE INDEX, ISSN 2219-8466)

9. Influence of organic plasticizers on sensory, physical-mechanical properties and chemical changes of biodegradable films / O. Shulga, A. Chorna, L. Arsenieva // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 6. – № 6 (84). – P. 36-42. (Журнал «Eastern-european journal of enterprise technologies» індексується в Scopus)

10. Оценка органолептических и микробиологических показателей качества пшеничного хлеба со съедобным покрытием, содержащим пробиотические микроорганизмы / [А. И. Черная, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньева, и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Том 86, № 3. – С. 101-107. (Журнал «Вопросы питания» індексується в Scopus)

11. Шульга О. С. Влияние желатина на свойства съедобных пленок и покрытий из картофельного крахмала [Текст] / О. С. Шульга, О. А. Петруша // Полимерные материалы и технологии. – 2017. – Т. 3, № 3. – С. 64-70. (Журнал «Полимерные материалы и технологии» (Білорусь) входит до переліку РІНЦ SCIENCE INDEX та ВАК Білорусь)

12. Шульга О. С. Съедобное покрытие – альтернатива традиционной обработки поверхности мармеладных изделий [Текст] / О. С. Шульга, Н.В. Притульская // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – №4(38). – С. 89-95. (Журнал «Пищевая промышленность: наука и технологии» (Білорусь) входит до переліку РІНЦ SCIENCE INDEX та ВАК Білорусь)

13. Шульга О. С. Декстрины Шардингера як сировина для їстівних плівок та покриттів [Текст] / О. С. Шульга, А. І. Чорна // Наукові праці НУХТ. – 2017. – Т. 23 (5). – Ч. 2. – С. 116-124. (Журнал «Наукові праці НУХТ» входит до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук та індексується в Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar)

14. Шульга О. С. Вплив молока та сироватки на властивості їстівних плівок та покриттів [Текст] / О. С. Шульга, О. П. Перепелица, С. І. Шульга // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. – 2017. – Т. 19. – № 80. – С. 18-24. (Журнал «Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького» входит до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук)

15. Shulga O. Differential scanning calometry research of biodegradable films for confectionary and bakery products/ O. Shulga, A. Chorna, S. Kobylinskyi // Chemistry & Chemical Technology. – 2017. – Vol. 11. – №. 4. – P. 492-496. (Журнал

*«Chemistry & Chemical Technology» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук та індексується в Scopus)*

16. Шульга О. Їстівна плівка як фактор збереження якості помадних цукерок [Текст] / О. Шульга, А. Чорна, О. Петруша // Товари і ринки. – 2017. – №1. – С. 120-130. *(Журнал «Товари і ринки» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук)*

17. Shulga O. Influence of edible coatings on rye and rye-wheat bread quality [Text] / O. Shulga, A. Chorna, S. Shulga // Ukrainian Journal of Food Science. – 2017. – Vol. 5, Issue 1 – P. 82-91. *(Журнал «Ukrainian Journal of Food Science» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук та індексується в Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar)*

18. Модифікація пектину як плівкоутворювача для їстівних плівок хлібобулочних і кондитерських виробів [Текст] / О. С. Шульга [та ін.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2017. – Вип. 1 (25). – С. 220-233. *(Журнал «Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук та індексується в Index Copernicus, Google Scholar)*

19. Шульга О. С. Вплив полівінілового спирту на властивості їстівних плівок на основі картопляного крохмалю і желатину / О. С. Шульга // Наукові праці ОНАХТ. – 2018. – Т. 81, Вип. 2. – С. 27-35. *(Журнал «Наукові праці ОНАХТ» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук та індексується в Google Scholar, Ulrich's Periodicals)*

20. Модифікація картопляного крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти та фізико-хімічні дослідження одержаного продукту [Текст] / О.С. Шульга [та ін.] // Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii. – 2018. – №2. – С. 128-136. *(Журнал «Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук та індексується в Scopus)*

21. Modification of Potato Starch by Acetylmalic Acid Chloroanhydride and Physicochemical Research of the New Product [Electronic resource] / O. Shulga [at al.] // International Journal of Polymer Science. – 2018. Mode of access: <https://www.hindawi.com/journals/ijps/2018/7253656/abs/> *(Журнал «International Journal of Polymer Science» (Єгипет) індексується в Scopus)*

22. Edible coatings – environmental replacing of traditional candy paper wrapper of «Korivka» candies [Text] / Oksana Shulga [et al.] // Journal Food and Environment Safety of the Suceava University (Food Engineering). – 2018. – Vol. 27. – № 1. – P. 41-47. *(Журнал «Journal Food and Environment Safety of the Suceava University (Food Engineering)» (Угорщина) індексується в Index Copernicus, Ulrich's Periodicals, EBSCO)*

23. Шульга О. С. Біодеградабельна їстівна плівка та покриття як спосіб внесення вітамінів у кондитерські та хлібобулочні вироби / О. С. Шульга, С. І. Шульга // Наукові записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Технічні науки. – Т. (68) № 2, 2018. – С. 284-289. *(Журнал «Наукові записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Технічні науки» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук)*

### Авторське свідоцтво

24. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 76005. Літературний твір «Метод визначення ступеня етерифікації пектину за титрованою кислотністю / О. С. Шульга, В. В. Листопад, С. І. Шульга (Україна). – Зареєстр. 17.01.2018; Опубл. 27.04.2018, Бюл. №48.

### Патенти України

25. Патент на корисну модель 103653 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01). Біорозкладальне пакування для харчових продуктів [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Каржевська О. М., Арсеньева Л. Ю.; заявник Національний університет харчових технологій. – и 201506034; заявл. 18.06.2015; опубл. 25.12.2015, Бюл. №24, 2015 р.

26. Патент на корисну модель 103986 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01), B65B 25/18. Біорозкладальне пакування для харчових продуктів [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Голь А. О., Арсеньева Л. Ю.; заявник Національний університет харчових технологій. – и 201506038; заявл. 18.06.2015; опубл. 12.01.2016, Бюл. №1, 2016 р.

27. Патент на корисну модель 104044 UA, МПК B65B 25/18 (2006.01), A21D 15/08 (2006.01). Активне біорозкладальне пакування для харчових продуктів [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Бурдейна О. В., Арсеньева Л. Ю.; заявник Національний університет харчових технологій. – и 201506568; заявл. 03.07.2015; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1, 2016 р.

28. Патент на корисну модель 110866 UA, МПК B65B 25/18 (2006.01), A21D 15/08 (2006.01). Композиція антибактеріальної біодеградованої плівки [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Арсеньева Л. Ю., Грегірчак Н. М., Зусько К. В., Рябов С. В., Кобилінський С. М., Гончаренко Л. А. ; заявник Національний університет харчових технологій. – и 201603669; заявл. 06.04.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20, 2016 р.

29. Патент на корисну модель 110871 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01). Спосіб йодування хлібобулочних виробів за допомогою їстівного покриття [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Петренко О. Д., Арсеньева Л. Ю.; заявник Національний університет харчових технологій. – и 201603709; заявл. 07.04.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. №20, 2016 р.

30. Патент на корисну модель 111295 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01), C12N 1/100. Склад їстівної плівки з пробіотиком [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Арсеньева Л. Ю., Грегірчак Н. М., Покойовець К. Ю., Кравченко О. В., Голь А. О.; заявник Національний університет харчових технологій. – и 201603704; заявл. 07.04.2016; опубл. 10.11.2016, Бюл. №21, 2016 р.

31. Патент на корисну модель 112407 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01). Біодеградабельне покриття, що запобігає черствінню [Текст] / Шульга О. С., Чорна А. І., Арсеньева Л. Ю., Попова І. В. ; заявник Національний університет харчових технологій. – и 201607676; заявл. 12.07.2016; опубл. 12.12.2016, Бюл. №23, 2016 р.

32. Патент на винахід 112821 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01), B65B 25/16 (2006.01) Активне біорозкладальне пакування для харчових продуктів [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Бурдейна О. В., Арсеньева Л. Ю.; заявник

Національний університет харчових технологій. – а 201506558; заявл. 03.07.2015; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20, 2016 р.

33. Патент на винахід 113111 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01), B65B 33/00 Біорозкладальне пакування для харчових продуктів [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Каржевська О. М., Арсеньєва Л. Ю.; заявник Національний університет харчових технологій. – а 201506026; заявл. 18.06.2015; опубл. 12.12.2016, Бюл. №23, 2016 р.

34. Патент на винахід 114573 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01) Спосіб йодування хлібобулочних виробів за допомогою їстівного покриття [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Петренко О. Д., Арсеньєва Л. Ю., Голь А. О., Кравченко О. В.; заявник Національний університет харчових технологій. – № а 201603708; заяв. 07.04.2016; опубл. 26.06.2017, Бюл. № 12, 2017 р.

35. Патент на винахід 114574 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01) A23L 3/3463 (2006.01) Склад їстівної плівки з пробіотиком [Текст] / Чорна А. І., Шульга О. С., Арсеньєва Л. Ю., Грегірчак Н. М., Покойовець К. Ю., Кравченко О. В., Голь А. О.; заявник Національний університет харчових технологій. – № а 201603711; заяв. 07.04.2016; опубл. 26.06.2017, Бюл. № 12, 2017 р.

36. Патент на винахід 115195 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01) Біодеградабельне покриття, що запобігає черствінню [Текст] / Шульга О. С., Чорна А. І., Арсеньєва Л. Ю., Попова І. В.; заявник Національний університет харчових технологій. – а 201607675; заявл. 12.07.2016; опубл. 25.09.2017, Бюл. №18, 2017 р.

37. Патент на корисну модель 120727 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01). Біодеградабельна їстівна плівка для харчових продуктів [Текст] / Шульга О. С., Чорна А. І., Шульга С. І.; заявник Національний університет харчових технологій. – и 201706037; заявл. 16.06.2017; опубл. 10.11.2017, Бюл. № 21, 2017 р.

38. Патент на корисну модель 123298 UA, МПК A21D 15/08 (2006.01). Біодеградабельна їстівна плівка [Текст] / Шульга О. С., Шульга С. І.; заявник Національний університет харчових технологій. – и 201707883; заявл. 27.07.2017; опубл. 26.02.2018, Бюл. №4, 2018 р.

#### **Тези доповідей та матеріали конференцій**

39. «Їстівна плівка» як спосіб подовження терміну зберігання пряників / А. І. Чорна, А. О. Голь, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньєва // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності: Матеріали IV Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 8 вересня 2015 р. – Київ, 2015. – С. 130-131.

40. Сучасні тенденції створення пакувальних матеріалів для хлібобулочних виробів / А. І. Чорна, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньєва // II Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми менеджменту в сучасних глобалізаційних процесах», 7 квітня 2015 р. – Ірпінь, 2015. – С. 234-235.

41. Современные упаковочные материалы хлебобулочных изделий / А. И. Черная, О. В. Бурдейная, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньєва // V Международная научно-техническая конференция «Новое в технологии и технике

функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений», 4-5 июня 2015 г. – Воронеж, 2015. – С. 44-51.

42. Характеристика біодеградабельних плівок та покриттів для пакування харчових продуктів / А. І. Чорна, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньєва // VII Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології», 27-29 квітня 2015 р. – Дніпропетровськ, 2015. – С. 178-179.

43. Вплив біорозкладальних пакувальних матеріалів на навколишнє середовище / О. М. Каржевська, А. І. Чорна, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньєва // Науково-практичний інтернет-семінар «Культура безпеки та цивільний захист у сучасних реаліях України», 20 травня 2015 р. – Ірпінь, 2015. – С. 51-53.

44. Фізико-механічні властивості біорозкладних плівок на основі природних полімерів / Л. Ю. Арсеньєва, О. С. Шульга, А. І. Чорна // III-я Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми формування асортименту, якості і екологічної безпечності товарів», 12 листопада 2015 р. – Львів, 2015. – С. 7-8.

45. Активне пакування – запорука якості та безпеки харчових продуктів / А. І. Чорна, О. В. Бурдейна, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньєва // II Міжнародна науково-практична конференція «Якість і безпека харчових продуктів», 12-13 листопада 2015 р. – Київ, 2015. – С. 92-94.

46. Подовження строку зберігання харчових продуктів за допомогою антибактеріального пакування / А. Чорна, О. Шульга, Л. Арсеньєва // Міжнародна науково-практична конференція «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека», 28-29 травня 2015 р. – Київ, 2015 – С. 157-158.

47. а) Новий вид пакування хлібобулочних виробів / О. Каржевська, А. Чорна, О. Шульга, Л. Арсеньєва // 81 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI ст.», 23-24 квітня 2015 р. – Київ, 2016. – Ч.1. – С. 92-93

б) Сучасний стан виробництва біодегратованих пакувальних матеріалів / А. Голь, О. Бурдейна, А. Чорна, О. Шульга // 81 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI ст.», 23-24 квітня 2015 р. – Київ, 2016. – Ч.1. – С. 94-95.

48. Съедобные и активные пленки для пищевых продуктов / А. И. Черная, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньєва // VII Межведомственная научно-практическая конференция «Инновации в товароведении, общественном питании и длительном хранении продовольственных товаров», 16 апреля 2015 г. – Москва, 2015. – С. 136-140.

49. «Їстівна» плівка як необхідна складова хлібобулочних виробів для подовження свіжості / О. С. Шульга, А. І. Чорна, Л. Ю. Арсеньєва // XI Науково-практична конференція молодих вчених «Новітні технології пакування», Київ, 2015. – С. 13-15.

50. Активне біодеградоване пакування як спосіб запобігання пліснявіння хлібобулочних виробів / [О. А. Голь, А. І. Чорна, О. С. Шульга та ін.] // Всеукраїнська конференція студентів і молодих учених «Стандартизація, товарознавство та експертиза промислових і продовольчих товарів», 18-20 травня 2015 р. – Херсон, 2015. – С. 67-69.

51. Edible films enriched by elamin / [A. Chorna, O. Shulga, L. Arsenieva et al.] // 8th Central European Congress on Food 2016 – Food Science for Well-being (CEFood 2016): Book of Abstracts. – 23-26 May 2016. – К.: NUFT, 2016. – Р. 29.

52. Вплив різних пластифікаторів на властивості біодеградабельних плівок / О. С. Шульга, А. І. Чорна, Л. Ю. Арсеньєва // V Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності», 14 вересня 2016 р., Київ, 2016. – С. 131-133.

53. Біодеградовані плівки на основі полівінілового спирту / [А. Чорна, О. Шульга, Л. Арсеньєва та ін.] // 82 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI ст.», 13-14 квітня 2016 р. – Київ, 2016. – Ч.1. – С. 89.

54. а) Встановлення оптимального режиму нанесення їстівного покриття на хлібобулочні вироби / А. І. Чорна, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньєва // IV Міжнародна науково-практична конференція «Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг», 24 листопада 2016 р. – Львів, 2016. – С. 67-69.

б) Їстівне покриття як фактор збереження свіжості та засіб підвищення біологічної цінності кондитерських виробів / О. С. Шульга // IV Міжнародна науково-практична конференція «Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг», 24 листопада 2016 р. – Львів, 2016. – С. 223-226.

55. Біодеградабельні плівки, що запобігають мікробіологічному псуванню продукції / [А. І. Чорна, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньєва та ін.] // XV Науково-практична конференція молодих вчених «Новітні технології пакування» – Київ, 2016. – С. 9-11.

56. Їстівна плівка – екологічний біодеградабельний матеріал для цукерок «Корівка» / О. С. Шульга, А. І. Чорна, Л. Ю. Арсеньєва // Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції», 7-8 листопада 2017 р. Київ, 2017. – С. 58-59.

57. а) Модифікація пектину як фактор формування споживчих властивостей біодеградабельної плівки / О. Шульга // 83 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI ст.», 5-6 квітня 2017 р. – Київ, 2017. – Ч.1. – С. 99.

б) Хлібобулочні вироби з їстівним покриттям / А. Чорна, О. Шульга, Л. Арсеньєва // 83 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI ст.», 5-6 квітня 2017 р. – Київ, 2017. – Ч.1. – С. 115.



58. ІЧ-дослідження їстівних плівок і покриттів з полівініловим спиртом / О. С. Шульга, А. І. Чорна // III Міжнародна науково-практична конференція «Якість і безпека харчових продуктів», 16-17 листопада 2017 р. – Київ, 2017. – С. 214-217.

59. Їстівна плівка та покриття – перспективна заміна традиційній обгортці помадних цукерок / О. С. Шульга, О. О. Петруша // Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі», 13 вересня 2017 р. – Київ, 2017. – С. 179-183.

60. Їстівне покриття – екологічне пакування для житнього та житньо-пшеничного хліба / О. С. Шульга // Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні розробки в аграрній сфері», 30 листопада 2017 р. – Харків, 2017. – С. 115.

61. Вплив їстівного покриття на споживні властивості мармеладних виробів / О. С. Шульга // X Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених та студентів з міжнародною участю «Проблеми формування здорового способу життя у молоді», 29 вересня-1 жовтня 2017 р., Одеса, 2017. – С. 223-224.

62. Вплив молока та сироватки на зміну їстівних плівок та покриттів / О. С. Шульга, О. П. Перепелиця // VI Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності», 12 вересня 2017 р., Київ, 2017. – С. 67-68.

63. Їстівні покриття – екологічна альтернатива синтетичним пакувальним матеріалам для хлібобулочних виробів / А. І. Чорна, О. С. Шульга // Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві», 13 вересня 2017 р., Київ, 2017. – С. 72-76.

64. а) Зміна гідрофобних властивостей їстівних плівок та покриттів при використанні модифікованих плівкоутворювачів / О. Шульга // 84 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI ст.», 23-24 квітня 2018 р. – Київ, 2018. – Ч.1. – С. 133.

б) Конкурентоспроможність виробів в їстівному покритті порівняно з традиційним пакуванням / О. Шульга, А. І. Чорна // 84 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI ст.», 23-24 квітня 2018 р. – Київ, 2018. – Ч.1. – С. 134.

65. Теплофізичні дослідження їстівного покриття/плівки / О. С. Шульга, А. І. Чорна, С. О. Іванов // Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток технічних наук: проблеми та рішення» 27-28 квітня 2018 року, місто Брно (Чеська Республіка), 2018. – С. 101-104.

66. Біодеградабельне їстівне покриття для створення екологічного посуду / О. С. Шульга, А. І. Чорна, М. І. Бойко // International Multidisciplinary Conference «Key Issues of Education and Sciences: Development Prospects for

Ukraine and Poland» Stalowa Wola, Republic of Poland, 20-21 July 2018. – P. 100-103.

*Особистий внесок:* планування та проведення експериментальних досліджень, опрацювання та узагальнення експериментальних даних, підготовка матеріалів до публікації [1...23]; проведення патентного пошуку, узагальнення результатів, підготовка матеріалів заявок [24...38]; аналіз літературних джерел, обґрунтування та узагальнення результатів досліджень, підготовка тез доповідей до публікації [39...66].

## АНОТАЦІЯ

**Шульга О. С. «Наукове обґрунтування та розроблення технології біодеградабельного їстівного покриття для кондитерських і хлібобулочних виробів» – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – Технологія харчової продукції. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2019.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальних наукових проблем фортифікації кондитерських і хлібобулочних виробів біологічно цінними нетермостабільними речовинами та зменшення екологічного навантаження від пакувальних матеріалів за рахунок використання розробленої технології біодеградабельного їстівного покриття.

Розроблено технологію їстівного покриття/плівки, яка передбачає використання плівкоутворювачів, пластифікаторів, розчинників і гідрофобних складових для оптимізації бар'єрних властивостей (паропроникності). З метою надання функціональних властивостей біодеградабельним матеріалам доцільно використовувати антимікробні складові (наприклад,  $TiO_2$ ) та сировину для підвищення харчової цінності продуктів (вітаміни С, F, мінеральні елементи, пробіотичні мікроорганізми).

На основі системного аналізу та узагальнення теоретичного і практичного матеріалу розроблено склади біодеградабельних їстівних покриттів/плівок.

Вперше біодеградабельне їстівне покриття використано для помадних цукерок (цукрових, молочних), мармеладу, пряникових виробів та хліба із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна. За комплексними дослідженнями встановлена доцільність заміни паперової або синтетичної обгортки цукерок та пакування хліба на біодеградабельне їстівне покриття, а також заміни оброблення тиражним цукровим сиропом поверхні пряникових виробів і цукром мармеладу. Їстівний пакувальний матеріал найбільш доцільно застосовувати для продуктів, які реалізуються в місцях їх виробництва та закладах з контрольованими санітарними умовами, зокрема, ресторанного господарства або інших підприємствах масового харчування. Встановлено, що їстівне покриття є матеріалом для створення екологічно безпечного одноразового посуду, зокрема, стаканів для гарячих напоїв, які впроваджено у виробництво на підприємстві ТОВ «АГАТА К» (м. Київ).

Встановлено, що їстівне покриття дозволяє збагачувати зазначені вироби біологічно цінними нутрієнтами. Так, за умови додавання до складу покриття

лляної олії у кількості 5 %, збагачується 100 г: помадних цукерок на 466 мг вітаміном F; мармеладу на 423 мг; пряників на 949 мг та 277 г хліба на 305 мг. Доведено на основі хроматографічного аналізу та йодного числа жиру, що завдяки їстівному покриттю втрати поліненасичених жирних кислот лляної олії як джерела антихолестеринового вітаміну у складі готового продукту, становлять лише 13 % після одного року зберігання. Додавання вітаміну С у кількості 0,5 % до складу покриття забезпечить за умови споживання 100 г: помадних цукерок на 45 % добової потреби, мармеладу на 100 %, пряникових виробів на 100 % та 227 г хліба на 70 %.

Вперше проведено модифікацію картопляного крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти та хлорангідридом яблучної кислоти, а також пектину цетиловим спиртом і ангідридом пальмітинової кислоти, що дозволило знизити паропроникність плівок на їх основі. Отримані продукти модифікації відповідають рівню безпеки харчових продуктів, що підтверджується вимогами розроблених ТУ.

Вперше розроблено експрес-метод визначення ступеня етерифікації пектину за його титрованою кислотністю, що підтверджено математичною моделлю та розроблена автоматизована програма розрахунку складу їстівного покриття за допомогою програмного забезпечення *Microsoft Office Access*.

Розроблено технологію біодеградабельного їстівного покриття для кондитерських та хлібобулочних виробів, яке наноситься методом глазурування, що дозволить використовувати існуюче глазурувальне обладнання. Розроблено ТУ на вироби з їстівним покриттям і затверджено у встановленому порядку рецептуру та ТІ на їстівне покриття, безпечність підтверджена висновком державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Маркетингові дослідження показали, що вироби з їстівним покриттям будуть сприйняті споживачами, доцільним буде проведення дегустацій в торговельних мережах та рекламування корисності запропонованих продуктів в закладах масового харчування. Реалізацію виробів з їстівним покриттям варто розпочати з великих міст, де культура харчування населення більш висока. Встановлено на основі інтегрального показника, що розроблені кондитерські та хлібобулочні вироби з їстівним покриттям є конкурентоспроможними. Доцільність застосування їстівного покриття виробів на прикладі цукерок «Корівка» підтверджена функцією Харрінгтона.

Впровадження результатів роботи на підприємствах та закладах ресторанного господарства сприяє вирішенню економічних і соціальних проблем:

- економічна ефективність полягає у зменшенні роздрібною ціни за 1 кг цукерок «Корівка» з 53,96 грн до 51,83 грн за рахунок заміни паперового пакування на їстівне покриття. Роздрібна ціна мармеладу, пряникових виробів та хліба дещо збільшується за умови використання їстівного покриття;

- зростає соціальна ефективність за рахунок впровадження екологічно безпечного пакувального матеріалу, яке дозволяє підвищити біологічну цінність кондитерських виробів і хліба із житнього та суміші житнього і

пшеничного борошна за рахунок його рецептурних складових (вітамін С, F, фруктові та овочеві порошки тощо).

*Ключові слова:* істівне покриття, крохмаль, пектин, полівініловий спирт, карбамід, декстрини Шардингера, паропроникність, пряники, помадні цукерки, мармелад, істівний посуд.

## ANNOTATION

**Shulga O. Scientific substantiation and development of biodegradable edible coating technology for confectionery and bakery products. - Qualification scientific work on rights of the manuscript.**

Dissertation for the degree of Technical Sciences Doctor in specialty 05.18.16 Technology of Food Products. – National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, 2019.

The dissertation is devoted to actual scientific problems of reducing the environmental load from synthetic and paper packaging materials by reducing the amount of use this materials, as well as fortification of confectionery and bakery products by biologically valuable non-thermostable substances.

The present state of the biodegradable edible materials production is analyzed and it is established that they are used in a limited quantity in the world and in the Ukrainian market, due to their higher cost. There are cheese and fruits in the waxy coating, sausages in collagen shells on the Ukrainian market as the products in the edible film/coating. In addition, the issue of biodegradable edible materials development is not enough attention in Ukraine.

The methodology of the composition edible coating/film, which involves the use of certain components – film formers and plasticizers of various nature, solvents, is developed. It is established that in order to optimize barrier properties (vapor permeability), it is necessary to use a hydrophobic component – linseed oil, oleic acid etc. To provide functional properties to biodegradable materials should be use antimicrobial ( $\text{TiO}_2$ ), and substances to enhance the nutritional value of products (vitamins C, F, fruit and vegetable powders, probiotics and elamine).

On the basis of system analysis and generalization of theoretical and practical material, formulations of biodegradable edible coatings/films have been developed.

For the first time, a biodegradable edible coating is used for fondant candies (sugar, milk), marmalades, gingerbread cakes and rye bread and mixture of rye and wheat flour. According to complex studies, it was found that the replacement of paper or synthetic wrapper for candies and the bread packaging on a biodegradable edible coating, as well as the replacement of sugar syrup on the gingerbread surface and sugar on the marmalade has been established. It has been established that edible coating is the way to create environmentally safe disposable tableware, in particular, glasses for hot drinks, has introduced in production at the enterprise AGATA K Ltd. (Kyiv, Ukraine).

It has been established that edible coating is the way of fortification these products, for example, 5 % flaxseed oil addition to cover the enrichment of 100 g: fondant candies on 466 mg of vitamin F; marmalades on 423 mg; gingerbreads at 949 mg; 277 g of bread 305 mg. Proved on the basis of chromatographic analysis and

iodine number of fat, the edible coating is an effective way to preserve flaxseed oil as a anticholesterin vitamin source in the product, since the loss of polyunsaturated fatty acids is only 13% after one year storage. The addition of vitamin C in the amount of 0.5% in the coverage will ensure, with a consumption of 100 g: fondant candies for 45 % of daily requirement, marmalades by 100%, gingerbreads by 100% and bread by 70%.

For the first time modification of potato starch with chloroanhydride propionic acid and acid chloride acid, as well as pectin with cetyl alcohol and palmitic acid anhydride, has reduced the vapor permeability of films on their basis. The resulting products of modification correspond to the level of food safety, which is confirmed by the requirements of the developed TU.

For the first time, an express method for determining the degree of pectin esterification by its titrated acidity has been developed, which is confirmed by a mathematical model and an automated computation program with *Microsoft Office Access* software has been developed.

The technology of edible coating for confectionery and bakery products by glazing is developed, which will allow using existing glazing equipment of confectionery enterprises. The draft technical conditions for products with edible coating have been developed and the recipe and technological instruction of edible coating approved in accordance with the established procedure, safety is confirmed by the conclusion of the state sanitary-and-epidemiological examination.

Marketing studies have shown that products with edible coating will be perceived by consumers, but it will be advisable to hold tastings in the trading networks and to advertise the usefulness of the products offered in mass caterers. It has been established that confectionery and bakery products with edible coating are competitive. The expediency of the products with edible coating use is confirmed by Harrington's function on the example of candies "Koryvka".

Implementation of the work results at enterprises and restaurants to solving economic and social problems:

- the economic efficiency consists in reducing the retail price for 1 kg of candies "Koryvka" from 53.96 UAH to 51.83 UAH due to replacement of paper packaging with edible coating. The retail price of marmalades, gingerbreads and bread increases slightly with the use of edible coatings;

- the social efficiency increases due to the introduction of environmentally safety packing material, which allows to increase the biological value of confectionery and rye bread and mixture of rye and wheat flour due to its prescription components (vitamin C, F, fruit and vegetable powders, etc.).

*Keywords:* edible coating, starch, pectin, polyvinyl alcohol, carbamide, Sharding'er's dextrin, vapor permeability, gingerbreads, fondant candies, marmalade, edible dishes.