

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

ТИЩЕНКО ОЛЬГА ПАВЛІВНА

УДК 001:891:(664.3.033:641.55)

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
НАПІВФАБРИКАТІВ ОЛІС-ЖИРОВИХ КАПСУЛЬОВАНИХ
ДЛЯ КУЛІНАРНОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Спеціальність 05.18.16 – технологія харчової продукції

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Гринченко Ольга Олексіївна,
Харківський державний університет харчування
та торгівлі, завідувач кафедри технології харчування.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гніцевич Вікторія Альбертівна,
Київський національний торговельно-економічний
університет, професор кафедри технології
і організації ресторанного господарства;

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
Ковбаса Володимир Миколайович,
Національний університет харчових технологій,
завідувач кафедри технології хлібопекарських
і кондитерських виробів.

Захист відбудеться «26» грудня 2018 р. о 9³⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий «26» листопада 2018 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.М. Онищенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Покращення харчового статусу українців є головним пріоритетом державної політики України у сфері харчування. У той же час глобалізація як об'єктивне політико-економічне явище призвела до певної модифікації структури національних харчових раціонів унаслідок інтенсивної інтервенції локальних харчових ринків країнами з більш ефективними економіками та експортними можливостями.

Сформульовані в Україні стратегічні заходи харчової безпеки, зростання обсягів виробництва харчової продукції та вдосконалення структури харчування не можуть повною мірою протистояти впливу світової економіки на тренди розвитку національних харчових ринків. Цьому спонукає виражена залежність України від імпорту харчової продукції та інгредієнтів, у тому числі із широким спектром функціонально-технологічних властивостей. З одного боку, за наявності технологій та сучасних методів виробництва використання таких харчових систем дозволяє швидко ввести на український споживчий ринок нову харчову продукцію, а з іншого – призводить до суттєвої залежності розвитку продуктової сфери і, як результат, необхідності вимушеного «копіювання» технологій, які побудовано на принципах використання введених інгредієнтів.

На погляд автора, єдиною можливістю протистояти імпорту технологій та харчових інгредієнтів в Україну є розробка наукоємних національних технологій виробництва харчової продукції з використанням систем, що імпортуються, але за умови надання їй високої доданої технологічної вартості, що забезпечує високий експортний потенціал. Це дозволить нові продукти, а отже і куплені напівпродукти, у режимі реверсу повернути на світові ринки. Головною умовою реалізації такого підходу є висока наукоємність технологічних розробок, створення та реалізація конкурентоспроможного технологічного потоку сучасного рівня. До таких технологій, як свідчать проведені дослідження, належать технології капсулювання харчової продукції в їстівні оболонки на основі полісахаридів, які одержали назву ліпиди харчової сировини капсульовані (ЛХСК).

Розробка та реалізація принципів капсулювання ліпідів харчової сировини (ЛХС), що є стратегією дисертаційного дослідження, співпадає зі світовими трендами, згідно з якими за рахунок забезпечення інтактності ліпідів із зовнішнім середовищем структурування ЛХС визначає фізико-хімічну та технологічну стабільність ліпідів у технологічному потоці та під час зберігання. Це дозволить задовольнити зростаючий попит на харчову продукцію з їх використанням, а технологічна форма безшовної капсули – розробити як принципово новий асортимент кулінарної продукції, так і нові технологічні принципи її одержання.

Науково-технічною передумовою реалізації напряму капсулювання харчової продукції є системні дослідження наукової школи ХДУХТ під керівництвом проф. Пивоварова П.П., за участю проф. Гринченко О.О., проф. Пивоварова Є.П., к.т.н. Рябець О.Ю., к.т.н. Нагорного О.Ю., к.т.н. Кондратюк Н.В., завдяки яким створено наукові основи капсулювання водних розчинів. Системних досліджень, метою яких є наукове обґрунтування технологій капсулювання ЛХС та продукції з їх використанням, автором не виявлено. Очевидним є факт, що накопичений досвід наукової школи проф. Пивоварова П.П. для капсулювання ЛХС може бути використано лише частко-

во, оскільки в технології, що розробляється, інкапсулянт є неполярною речовиною та не є розчинником мінеральних солей – обов'язкових компонентів технологічного процесу.

На сьогодні не існує теорії та практики екструзії двох рідин у технологічні середовища «повітря» та/чи «олія дезодорована», одна з яких є текучим гідрофобним умістом, а інша – розчином іотропного полісахариду. Відсутні науково-технічні принципи формування фізичної форми капсули, а також промислові пристрої для їх одержання. Не виявлено технологій харчової продукції з використанням ЛХС, а також із наукової точки зору не узагальнено інформацію про вплив нової харчової форми ліпідів на формування показників якості продукції в технологічному потоці та під час зберігання.

У зв'язку з вищевикладеним актуальним є наукове обґрунтування технологій ЛХС, розробка технічного забезпечення та систематизація експериментальних даних із використання ЛХС у технології кулінарної продукції, що дозволить створити новий науково-практичний напрям переробки харчової сировини на основі сучасних принципів переробки, підвищити технологічну та фізико-хімічну стабільність ліпідної складової, створити продукцію з новими споживними властивостями. Актуальність такого дослідження зростає у зв'язку з можливістю використання нових даних у теорії та практиці одержання структурованої продукції та спеціальних видів харчування, а також у суміжних галузях діяльності, пов'язаних зі здоров'ям людини – медицині, нутриціології, мікробіології та ін.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану науково-дослідної роботи ХДУХТ (2010–2018 рр.), зокрема держбюджетних науково-дослідних тем № 3-13 БО (0113U000158) «Розробка наукових принципів регулювання властивостей сировини тваринного походження в технологіях харчової продукції масового споживання», № 2-16 БО (0116U006899) «Наукові основи технологій харчової продукції лікувально-профілактичного призначення, одержаної шляхом акумуляції функціональних інгредієнтів», бюджетних науково-дослідних тем № 24-08-10 Б (0107U010129) «Наукові основи технології реструктурованої продукції, одержаної шляхом іотропного гелеутворення», № 15-11-13 Б (0110U007975) «Фізичні принципи модифікації та їх реалізація в технології стабілізаційних систем», № 14-11-13 Б (0110U007974) «Наукові основи капсулювання харчових систем з використанням іотропних гелеутворювачів», а також госпдоговірних тем за замовленням підприємств галузі України та Іспанії, а саме: № 11-10-11 Д (0110U003366) «Розробка технології капсулюваної та гранульованої продукції з використанням кальцій-альгінат вміщуючої сировини», № 24-10-11 Д (0110U004464) «Дослідження показників якості та безпечності харчових продуктів з капсульною структурою», № 7-12 Д (0112U005798) «Наукове обґрунтування технології структурованої продукції на основі рослинної сировини», № 37-12 Д (0112U005798) «Optimization of technological process of analogs of caviar of salmon and sturgeon breeds», № 16-14-15 Д (0114U004790) «Адаптація технологічного процесу виробництва капсульованого олієжирового продукту у відповідності з технологічними та технічними вимогами підприємства «ACER CAMPESTRES, S.L.», № 13-15-16 Д (0115U001891) «Розробка та наукове обґрунтування технології капсулювання харчових систем гідрофобного походження», № 6-17-18 Д (0117U003697)

«Наукове обґрунтування технологічних параметрів отримання капсульованої продукції на основі молочної сировини та жирів».

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є теоретичне обґрунтування та розробка науково-технічних принципів технологій капсулювання систем на основі олій, жирів, ЛХС рослинного, тваринного походження, їх сумішей з одержанням напівфабрикатів та харчової продукції з використанням ЛХСК.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- з урахуванням сучасного рівня розвитку харчової науки та суспільного значення задовільнення потреб населення їжею з високими органолептичними показниками обґрунтувати новий науково-практичний напрям створення ЛХСК у оболонках на основі іонотропних полісахаридів і харчової продукції з використанням структурованих у формі капсул ЛХС;
- на основі теоретичних положень про розрив ламінарного потоку рідин та незмішування різнополярних рідин розробити теоретичні моделі формування капсульованих систем «ЛХС – оболонка капсули» у середовищі повітря та олії дезодорованої;
- визначити закономірності керованого впливу на формування основних показників якості ЛХСК та науково обґрунтувати технологію ЛХСК;
- визначити основні органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні показники та показники безпечності нової капсульованої продукції та розробити рекомендації з використання ЛХСК у технологіях харчової продукції;
- визначити закономірності впливу корегуючих властивості оболонки термотропних полісахаридів на формування споживних і технологічних властивостей ЛХСК;
- науково обґрунтувати принципи регулювання розмірних характеристик капсул для визначення параметрів конструювання обладнання, розробити експериментальні стенди, фізичні моделі та виробниче обладнання для одержання ЛХСК;
- науково обґрунтувати та розробити технології напівфабрикатів високого ступеня готовності та харчової продукції готової до споживання з використанням ЛХСК;
- здійснити товарознавчо-технологічну експертизу продукції з використанням ЛХСК, визначити критерії оцінювання її якості в технологічному потоці та під час зберігання;
- узагальнити наукові дані капсулювання ЛХС як нового напрямку структуроутворення харчових систем у харчовій та інших практичних сферах, здійснити оцінку соціально-економічної ефективності від практичних результатів роботи, запровадження нових проектів в Україні та за кордоном.

Об'єкт дослідження – технології ЛХСК, одержані способом керованої екструзії та розриву рідин оболонкоутворювача на основі AlgNa і ЛХС на дози-краплі з наступним переведенням оболонкоутворювача в гелеподібний стан шляхом іонотропного гелеутворення; кулінарної, харчової продукції з використанням ЛХСК.

Предмети дослідження: ЛХС, олії та жири рідкі (соняшникова, оливкова, ри�'ячий жир, вітамінізована соняшникова й оливкова та ін.) та жири тугоплавкі, суміші олій та жирів; оцет (бальзамічний, винний, яблуневий); водні розчини AlgNa,

полісахаридів (пектини, агар); гелі та модельні системи на основі Alg_2Ca , Alg_2Ca та агару, та/чи пектину, та/чи гліцерину; двошарове прийомне середовище, яке складається з верхнього олійного шару та нижнього шару – водно-спиртового розчину Ca^{2+} ; напівфабрикати ЛХСК; пюре оливки та структуровані системи на його основі; ЛХСК в олійних, оцтових середовищах; салатні заправки, дресінги з використанням ЛХСК; хлібобулочні та кондитерські вироби, кулінарна продукція з використанням ЛХСК; оливка структурована фарширована олією оливковою капсульованою.

Методи дослідження: теоретичне моделювання процесів та технологій капсулоутворення двох різнополярних рідин, які є термодинамічно незмішувані, одна з яких є ЛХС, з утворенням капсульованих систем; планування та дослідження фізико-хімічних, функціонально-технологічних, структурно-механічних, мікробіологічних, органолептичних показників вхідної сировини та готової продукції із використанням методів системного аналізу, математичної обробки експериментальних даних; побудова та аналіз технологій одержання ЛХСК і харчової продукції з їх використанням.

Наукова новизна одержаних результатів. Сформульовано та доведено наукову концепцію дослідження: наукове обґрунтування та практична реалізація інноваційних технологій, обладнання та процесів капсулювання ЛХС дозволить створити новий науково-практичний напрям з їх використання в технологіях інноваційної харчової продукції та розвинути теоретичні положення про структуроутворення полікомпонентних систем із використанням іонотропних полісахаридів у капсули з внутрішнім гідрофобним умістом.

У рамках сформульованої наукової концепції з урахуванням основних положень про течію та розпад рідин уперше розроблено та перевірено на адекватність теоретичні моделі утворення капсул «ЛХС – оболонкоутворювач» за вертикальної коаксіальної екструзії в середовищі повітря за самочинного керованого розпаду та в середовищі олії дезодорованої за примусового керованого розпаду. Спрогнозовано параметри технологічного процесу виробництва ЛХСК, одержаних у середовищі повітря та двошаровому формуючому середовищі «олія дезодорована – водно-спиртовий розчин Ca^{2+} ».

Розвинуто теоретичні положення про одержання структурованих харчових гідрофобних продуктів із використанням іонотропних полісахаридів як оболонкоутворювачів.

Уперше:

- теоретично та експериментально обґрунтовано взаємозв'язок фізичних та органолептичних характеристик ЛХС із технологічними принципами формування та характеристиками прийомного середовища;
- науково обґрунтовано технологічні принципи формування ЛХС у середовищі повітря та олії дезодорованої, параметри технологічних процесів, склад, концентрацію гелеутворювачів, які забезпечують одержання ЛХСК з прогнозованою харчовою цінністю та технологічними властивостями;
- науково спрогнозовано та доведено, що склад оболонкоутворювача суттєво впливає на технологічну стійкість ЛХСК за різних умов технологічного впливу, визначає та обґрунтовує технологічні параметри, умови використання нової продукції в харчових технологіях;

– науково обґрунтовано та розроблено технології капсульованих олій соняшникової, оливкової, а також олій, збагачених жиророзчинними харчовими компонентами з вираженою фізіологічною дією та органолептичними показниками, визначено їх основні товарознавчо-технологічні властивості, показники якості та безпечності;

– науково обґрунтовано параметри технологічних процесів і технологій харчової продукції з використанням ЛХСК – дресінгів, оливки структурованої, борошняних, кондитерських виробів, кулінарної продукції тощо. Установлено закономірності впливу ЛХСК на якісні показники харчової продукції з їх використанням, узагальнення яких є підґрунтям для розширення асортименту харчової продукції як за видом харчової сировини, так і складом ЛХСК.

Набули подальшого розвитку:

– теоретичні та науково-технологічні принципи одержання структурованих продуктів у формі безшовних капсул, які розширили та збагатили наукові уявлення про структуроутворення харчових систем;

– науково-технологічні принципи одержання харчової продукції з використанням структурованих ЛХСК;

– наукові уявлення про вплив ЛХСК на формування органолептичних показників і харчової цінності нової продукції з їх використанням.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі проведених теоретичних та експериментальних досліджень, реалізації наукової концепції апробовано та впроваджено технології ЛХСК і харчової продукції з їх використанням.

Розроблено та затверджено технічні умови та технологічні інструкції: ТУ У 10.4-38128375-003:2014 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані»; ТУ У 10.4-38128375-005:2018 «Напівфабрикати структуровані на основі оливкової сировини консервованої»; «ТУ У 10.4-38128375-009:2018 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані в олійних та оцтових середовищах»; ТУ У 10.4-38128375-010:2018 «Дресінги капсульовані»; ТІ з виготовлення холодних і гарячих закусок, салатів, других страв, солодких страв із використанням олій, жирів та їх сумішей жирових капсульованих до ТУ У 10.4-38128375-003:2014; ТІ до ТУ У 10.4-38128375-003:2014 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані»; ТІ з виробництва борошняної та кондитерської продукції з використанням олій та жирів харчових капсульованих до ТУ У 10.4-38128375-003:2014.

З урахуванням установлених закономірностей капсулоутворення системи «ЛХС – оболонкоутворювач» розроблено конструктивну документацію на промисловий пристрій «ПЖК-20», який на комерційних умовах установлено на підприємствах харчової промисловості України, Іспанії та США. Організовано, оснащено та забезпечено функціонування спеціалізованого цеху з випуску ЛХСК та продукції на їх основі, серійна продукція якого експортується в країни Європи та США.

Реалізація роботи. Науково-технологічні та технічні розробки впроваджено в закладах ресторанного господарства та харчової промисловості України, Іспанії, Сполучених Штатів Америки: ТОВ «КАПСУЛАР», м. Дергачі, Україна (акти від 07.11.2014 р., 18.08.2014 р., 19.08.2014 р., 28.01.2016 р.); «ELAYO GRUP S.L.», м. Малага, Іспанія (акт від 10.09.2014 р.); «ACER CAMPESTERS, S.L.», м. Хаєн,

Іспанія (акти від 20.01.2015 р., 21.04.15 р.); TRANSUCRAINA S.A., м. Гранада, Іспанія (акт від 10.09.2014 р.); ФО-П Софроні А.В., м. Харків, Україна (акт від 08.10.2015 р.); ФО-П «Дика Орхідея», м. Харків, Україна (акт від 09.12.17 р.).

Результати дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес ХДУХТ під час викладання дисциплін «Загальні технології», «Теоретичні основи харчових технологій», «Технологія продукції закладів ресторанного господарства», «Технологія галузі», «Науково-дослідна робота студентів», виконання курсових і магістерських робіт (акти від 29.04.2014 р., 23.02.2015 р., 26.11.15 р., 24.12.15 р., 25.12.15 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в аналітичному обґрунтуванні науково-практичного напрямку, розробці програми дослідження, організації, проведенні та узагальненні аналітичних та експериментальних робіт, аналізі та обробці одержаних результатів, формулюванні висновків, публікації матеріалів досліджень у виданнях, складанні заявок та одержанні охоронних документів на винаходи та корисні моделі, розробці нормативної та технологічної документації, проведенні заходів з упровадження результатів дослідження у виробництво та освітній процес.

За результатами науково-дослідної роботи на тему «Інноваційні технології харчової продукції, одержаної шляхом сферифікації» у 2017 році одержано премію та свідоцтво Лауреата премії Президента України для молодих вчених №1037 (Наказ №458/2017); у 2018 році одержано стипендію ім. Г.Ф. Проскури для обдарованих молодих науковців Харківської обласної державної адміністрації.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дослідження доповідалися, обговорювалися та одержали позитивну оцінку науковців і фахівців галузі на наукових конференціях професорсько-викладацького складу ХДУХТ (2010–2017 рр.), конференціях, семінарах, форумах, основними з яких є: «Хімія, біо- і нанотехнології, екологія і економіка в пищевой и косметической промышленности» (м. Щелкино, 2013–2015 р.), «Наука о питании: технологии, оборудование и безопасность пищевых продуктов» (м. Саратов, СДАУ ім. М.І. Вавілова, 2013 р.), «Проблеми формування здорового способу життя у молоді» (м. Одеса, 2014–2016 рр.), «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» (Харків – Мелітополь – Кирилівка, 2015–2017 рр.), «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» (м. Київ, 2015 р.), «Інноваційні технології і інтенсифікація розвитку національного виробництва» (м. Тернопіль, 2016, 2017 рр.).

Нова продукція демонструвалася та одержала позитивну оцінку фахівців галузі на виставках-дегустаціях наукових розробок ХДУХТ (ХДУХТ, м. Харків, 2014–2018 рр.), виставках наукових розробок ХДУХТ, які проводилися в рамках Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» та «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (ХДУХТ, м. Харків, 2013–2018 рр.), конкурсах-виставках «Наукові пікніки», «Ніч науки в Харкові» в м. Харкові, «Кращий вітчизняний товар 2013 року», де одержано диплом переможця I ступеня (м. Київ, 2013 р.), «100 кращих товарів України – 2015», де одержано диплом переможця на регіональному та диплом лауреата II ступеня на державному рівнях.

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано: 69 наукових праць, у тому числі: 4 монографії; 21 стаття, із яких 16 – у наукових фахових виданнях України (з них 12 включено до міжнародних наукометричних баз даних), 4 – у періодичних виданнях інших держав з напрямку, із якого підготовлено дисертацію; 8 патентів на винахід; 10 патентів на корисну модель; 24 тези доповідей та матеріалів конференцій; 2 енциклопедії.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено у двох томах: перший том складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 348 найменувань, у тому числі 99 закордонних. Основний зміст дисертації викладено на 323 сторінках друкованого тексту, містить 68 таблиць і 115 рисунків. Другий том представлено 80 додатками на 311 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено її зв'язок з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, відомості щодо реалізації та апробації результатів дисертаційного дослідження.

У **першому розділі** «Теоретично-прикладні передумови капсулоутворення ліпідів харчової сировини із застосуванням процесів екструзійного формування» (аналітичний огляд літератури) на підставі аналізу науково-технічної інформації визначено вплив капсулювання на науковий прогрес та розвиток сучасного виробництва харчової продукції. Досліджено існуючі принципи та способи екструзійного формування харчових систем. Доведено, що капсулоутворення гідрофобних речовин може бути вирішено лише за умови теоретичного обґрунтування процесів утворення капсул. Визначено теоретичні передумови структурування ЛХС та перспективи їх використання у складі харчової продукції; наведено аналіз існуючих технологій структурування ЛХС, у тому числі в системі «oilgels». Узагальнення цих даних стало підґрунтям для формулювання завдань, спрямованих на досягнення мети дисертаційної роботи.

У **другому розділі** «Організація, предмети, матеріали та методи дослідження» викладено програму аналітичних та експериментальних робіт із розробки технологій ЛХСК, визначено предмети, матеріали та методи дослідження.

Показники якості та безпечності сировини, напівфабрикатів та харчової продукції визначали за стандартними методиками, регламентованими чинним законодавством. Кислотне число, числа омилення, вміст гідропероксидів дослідних зразків визначали за ДСТУ 4350, ГОСТ 51487, ДСТУ ISO 3960 відповідно. Ідентифікацію змін фракційного складу ЛХСК під впливом зовнішніх чинників проводили методом ІЧ-спектроскопії на спектрометрі «Specord-75 UP» в області хвиль 720–4000 см⁻¹. Густину та кількісне співвідношення фракцій визначали ваговим методом.

Структурно-механічні та текстурні властивості гелів Al₂Ca і змішаних гелів визначали на модифікованих вагах Каргіна-Соголової, текстурометрі ТА.ХТ2,

пенетрометрі Labor, а поре на основі оливки – у режимі плоскопаралельного зсуву на еластопластометрі.

Установлення закономірностей зміни міжфазового натягу (σ , мН/м) проводили сталагмометричним методом за об'ємом краплі, залежно від концентрації кожного компонента рецептурного складу. Коефіцієнт мутності водно-спиртового розчину Ca^{2+} визначали на колориметрі фотоелектричному концентраційному КФК-2, динаміку накопичення сухих речовин у ньому проводили рефрактометричним методом. Кількість дегідратованої вологи з оболонок капсул та відсоток оболонки у складі ЛХСК визначали ваговим методом. Значення рН вимірювали за ДСТУ 6045. Фотомоніторинг процесу краплеутворення виконувався трасологічним методом, час між кадрами складав 0,12 с.

Органолептичне оцінювання якості ЛХСК та харчової продукції з їх використанням здійснювали методами профільного аналізу за п'ятибальною шкалою (ДСТУ ISO 6658, ДСТУ ISO 11035, ДСТУ ISO 11036). Дослідження мікробіологічних, токсикологічних показників, вміст важких металів проводили за стандартними методиками (ГОСТ 10444.15, ГОСТ 30518, ГОСТ 10444.2, ДСТУ ISO 6579, ГОСТи 10444.12, 26927, 26928, 26930, 26931, 26932, 26933, 26934, 30178). Одержані дані опрацьовували методами математичної статистики з використанням програмного забезпечення Statistika, табличного процесора Excel XP. Економічну ефективність від упровадження результатів визначали за діючими в галузі методиками розрахунків.

Наведено опис процесово-технологічного забезпечення процесу капсулоутворення системи «оболонкоутворювач – ЛХС» та експериментальні стенди для одержання ЛХСК за різних умов екструзії.

У **третьому розділі** «Аналітичне обґрунтування та теоретичне моделювання технологій продукції капсульованої з внутрішнім жировим умістом» обґрунтовано, досліджено та розроблено науково-технологічні принципи капсулювання ЛХС у безшовну оболонку на основі іонотропних полісахаридів, що дозволило спрогнозувати технологічні параметри, конструктивні особливості пристроїв для капсулювання та розрахувати їх продуктивність за кінцевим продуктом.

Спрогнозовано, що реалізація технологій капсулювання ЛХС у формі капсул з умістом інтактних до зовнішнього технологічного середовища ліпідів дозволить розробити харчову продукцію з новими споживчими властивостями, забезпечити стабільність жирів у технологічному потоці та під час зберігання.

Під час теоретичного обґрунтування формоутворення харчових капсул розроблено, проаналізовано та перевірено на адекватність теоретичні моделі капсулювання ЛХС у середовищі повітря та олії дезодорованої, що є підґрунтям для реалізації технологічних принципів одержання ЛХСК із заданими органолептичними характеристиками, конструктивних особливостей пристроїв для їх виробництва, дозволяє обрати керуючі чинники технологічним процесом одержання напівфабрикатів ЛХСК за обґрунтованих параметрів.

Висунуто робочу гіпотезу, що співвісна коаксіальна вертикальна екструзія за принципом «труба (внутрішній жировий уміст) в трубі (оболонкоутворювач)» забезпечить формоутворення капсул у квазістабільному стані, а заміна прийомного середовища «повітря» на «олія» дозволить керовано змінювати розмірні характеристики та продуктивність пристроїв для одержання ЛХСК.

Теоретичне дослідження кінетики капсулоутворення системи «ЛХС – водний розчин AlgNa» дозволяє визначити, що екструзія в середовищі повітря є висококінетичним процесом, оскільки формування капсул проходить у режимі самочинної гравітації з одержанням квазістабільного стану капсул, а формування термодинамічного стабільного стану ЛХСК досягається реалізацією хімічних потенціалів рецептурних компонентів під час потрапляння капсул у водний розчин Ca^{2+} прийомного середовища. Головними чинниками впливу на капсулоутворення систем «ЛХС – водний розчин AlgNa» у середовищі повітря будуть сили гравітації та властивості оболонкоутворювача. Розуміння кінетики краплеутворення під час екструзії двох різнополярних рідин, одна з яких – оболонкоутворювач, дозволило визначити кри-

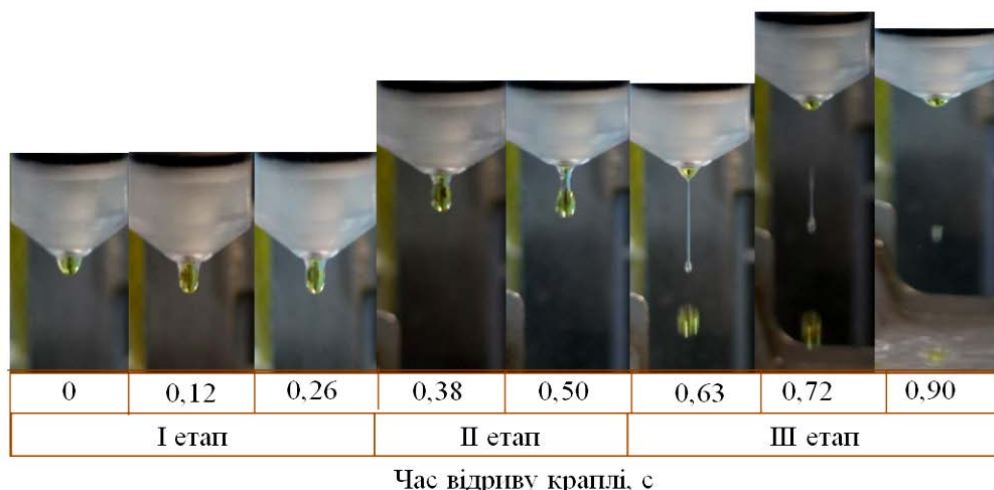


Рис. 1. Етапи формування квазістабільної ЛХСК за температури $20 \pm 1^\circ\text{C}$ у водному розчині AlgNa ($C_{\text{AlgNa}} = 1,5 \pm 0,1\%$); час витікання рідини з утворення зародка краплі до моменту відриву – 0,63 с: I – формування зародка краплі; II – утворення перемички; III – розрив перемички та утворення квазістабільних ЛХСК

краплею однополярної рідини, і не описують процес, що досліджується.

Виходячи з експериментальних спостережень (рис. 1), встановлено, що формування капсул складається з трьох етапів – формування конусоподібного зародка (I), утворення сферичної краплі та перемички між зародком і краплею (II), самочинна течія рідини в області перемички та її розрив (III).

Теоретичним завданням за умови, що в практичному сенсі формування капсул забезпечує виробництво ЛХСК із контрольованими характеристиками, була оцінка внеску кожного етапу в час формування капсули з радіусом (R) з формою конусоподібного зародку у початковий період, яка змінюється у вигляді функції $r = f(x)$ до форми капсули та яка підлягає визначенню, оскільки вона залежить від вихідного радіуса $2r_{br}$ у місці перетину сфери та конусоподібного зародка (рис. 2).

тичні точки контролю технологічного процесу, рецептурний склад компонентів, органолептичні та фізико-хімічні показники нової продукції.

Визначення кінетики капсулоутворення двох різнополярних рідин є новим теоретичним завданням, оскільки класичні рівняння розпаду моноструї описують повністю детермінований процес, який базується на кінетиці розвитку перемички між зародком та

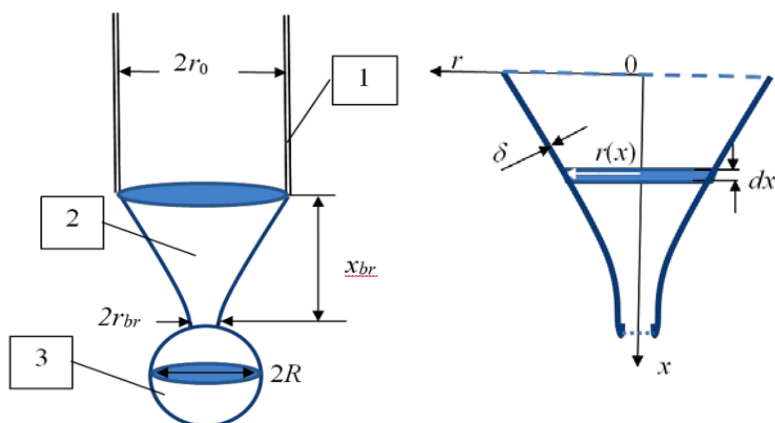


Рис. 2. Схема геометрії зародка-краплі ЛХСК: а – схема геометрії зародок-крапля; б – схема геометрії конусоподібного зародка; 1 – труба подачі рідини; 2 – зародок краплі, 3 – крапля

чено зв'язок радіуса краплі (R) з радіусом перемички (r_{br}):

$$R = r_0 \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{\sigma}{\sigma_\delta} \cdot \frac{1}{B_0} \cdot \frac{r_{br}}{r_0} \right)^{\frac{1}{3}}. \quad (2)$$

З урахуванням, що робота, яка здійснюється силою тяжіння (A_g) із формування сферичної краплі, дорівнює роботі A_σ сил поверхневого натягу, розраховано час першого та другого етапів ($\Delta\tau_1$):

$$\Delta\tau_1 = \frac{4\pi\sigma r_0^2}{p_0 Q_v} \times \left[\left(\frac{\sigma}{\sigma_\delta} \cdot \frac{3}{2B_0} \cdot \frac{r_{br}}{r_0} \right)^{\frac{2}{3}} - \left(\frac{r_{br}}{r_0} \right)^2 + \frac{1}{B_0} \cdot \left(\frac{\sigma}{\sigma_\delta} \right)^2 \times \left[\ln \left(\frac{r_0}{r_{br}} \right) + \frac{r_{br}}{r_0} - 1 \right] \right], \quad (3)$$

а також третього ($\Delta\tau_2$) етапу (розриву перемички):

$$\Delta\tau_2 = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{\sigma r_{br}^3}{\rho}} \times \sqrt{\left(\frac{r_0}{r_{br0}} \right)^4 \cdot \left(\frac{2}{B_0} \cdot \frac{\sigma}{\rho_\delta} \right)^2 + 1}. \quad (4)$$

Це дозволило розробити та дослідити кінетичну модель формування ЛХСК (рис. 3). Визначено, що відносний час формування зародка та краплі є функцією трьох змінних – числа Бонда, числа Фруда та відносного коефіцієнта поверхневого натягу σ/σ_δ .

Установлено, що час формування зародка та краплі майже у 20 разів більший, ніж час розриву перемички, що враховано під час конструювання пристрою для одержання ЛХСК у середовищі повітря, визначення його продуктивності за кінцевим продуктом.

Із розуміння, що зміна радіусу капсули, сил поверхневого натягу (σ) і капілярний тиск пов'язані рівнянням (1):

$$dp_{cap} = \rho g dx, \quad (1)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини ядра; σ_δ – коефіцієнт міжфазового натягу оболонка-ядро рідини ($\sigma > \sigma_\delta$); δ – товщина оболонки; g – прискорення вільного падіння; ρ – наведена густина рідкої системи оболонка-ядро, зі спрощенням за допомогою числа Бонда (B_0), аналітично визначено

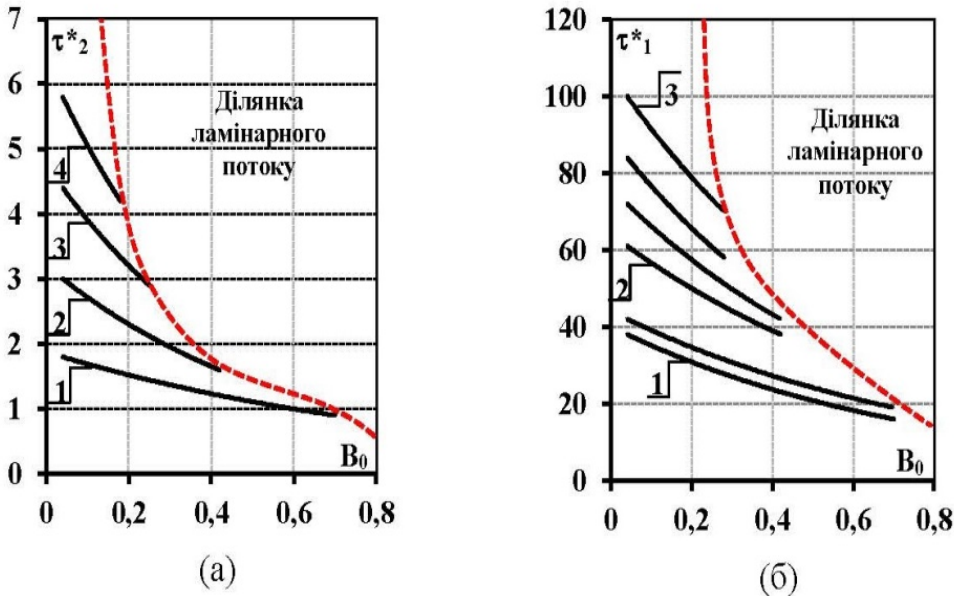


Рис. 3. Відносний час розриву перемички (а) і формування зародка та краплі (б): 1 – $\sigma/\sigma_\delta = 1$; 2 – $\sigma/\sigma_\delta = 2$; 3 – $\sigma/\sigma_\delta = 3$; 4 – $\sigma/\sigma_\delta = 4$; суцільні лінії – $F_r = 0,01$; пунктирні лінії – $F_r = 0,007$ відповідно

$d = (4,3 \dots 7,6) \times 10^{-3}$ м за частоти самочинного відриву краплі $N = (180 \dots 198) \times 60 \text{ с}^{-1}$, а зростання концентрації AlgNa в оболонкоутворювачі від 0,8% до 1,5% не призводить до росту розмірних характеристик ЛХСК. Визначено, що збільшення відносного коефіцієнта поверхневого натягу в 3 рази збільшує радіус капсули в 1,6 рази, а повний час формування та відриву капсули – у 2,5 рази.

Незважаючи на високу стабільність реального технологічного процесу одержання ЛХСК у середовищі повітря, відсутність вагомих чинників керованості стадіями капсулоутворення за умови самочинного гравітаційного відриву капсул є стримуючим чинником розвитку технології, оскільки фактично не дозволяє використовувати гідростатичний тиск у продуктопроводах для керування технологічним процесом.

Зроблено висновок, що заміна прийомного середовища «повітря» на незмішуване з оболонкоутворювачем середовище «рідина» (олія), яке має порівняно більшу густину (ρ) за рахунок використання компенсуючої сили тяжіння виштовхувальної сили Архімеда, дозволить покращити керованість процесом капсулоутворення, замінити самочинний гравітаційний розпад на керований примусовий та розширити розмірний типоряд ЛХСК у категорії характеристик «зовнішній вигляд», «розмірні характеристики», «маса капсули».

З урахуванням наведених вище даних спрогнозовано, що результатом використання рідкого прийомного середовища з більшою густиною (ρ) буде еволюція формоутворення капсул до повного зникнення перемички ($\rho_0 = \rho_1$). Це призведе до зміни кінетики капсулоутворення та забезпечить набуття сферичної форми капсулою, що в технологічному сенсі є обов'язковою характеристикою якості кінцевого продукту (рис. 4).

Експериментально визначено, що частота відриву краплі в зоні перемички r_{br} залежить від ступеня наповнення краплі оболонкоутворювача жиривим умістом, тобто в технологічному плані – від співвідношення «внутрішній жиривий уміст – оболонкоутворювач».

Установлено, що за співвідношення «внутрішній жиривий уміст – оболонкоутворювач» (г/г) 90-80÷10-20 забезпечуються розмірні характеристики ЛХСК

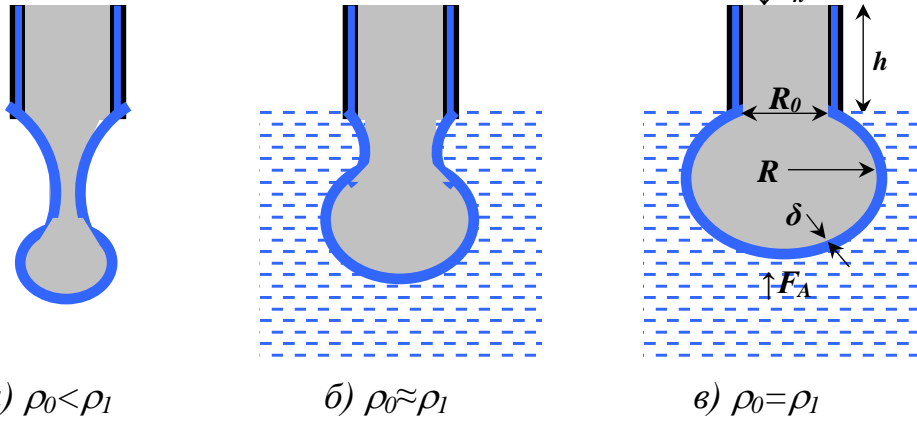


Рис. 4. Еволюція форми капсули під час утворення її в повітряному та рідкому середовищі: *a* – повітряне зовнішнє середовище; *б*, *в* – рідке зовнішнє середовище; ρ_1 – густина зовнішнього середовища; ρ_0 – густина капсули

R – зовнішній радіус краплі; R_0 – початковий радіус краплі; h – висота стовпчика рідини в трубі; δ – товщина оболонки капсули; F_A – сила Архімеда; F_h – сила гідростатичного тиску

Одночасно наявність компенсуючої сили Архімеда (F_A) призведе до технологічно контрольованої зміни радіуса (об'єму) зі швидкістю $v = \frac{dR}{d\tau}$ капсули за

умов позитивного прикладеного зовнішнього тиску (F_h):

$$\frac{d}{d\tau}(\rho V v) = F_h + (F_g - F_A) - F_\sigma - F_v \quad (5)$$

Аналіз складових сил рівняння (5) та їх внеску в розвиток радіуса капсули свідчить, що за умови $\rho_0 = \rho_1$ безрозмірна змінна ($y_{max} = R_{max}/L_{cap}$) може бути скільки завгодно великою та залежить від зовнішнього гідростатичного тиску, оскільки за

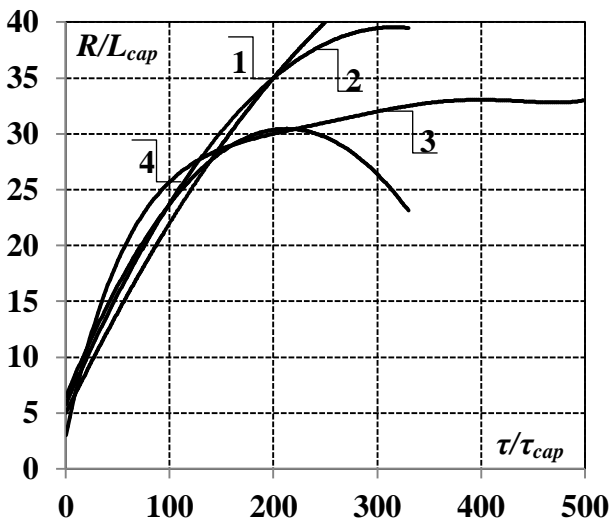


Рис. 5. Кінетика росту рідкої капсули в середовищі «рідина»: 1 – $h < h_{opt}$; 2 – $h = h_{opt}$; 3 – $h > h_{opt}$

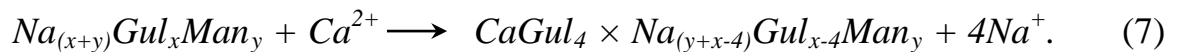
цих умов числа Бонда та капілярності обмежено за технологічними чинниками (за $m_{оболонки} = 0$, $\Delta\sigma_\delta/\sigma_R = 0$, товщини оболонки $\delta/L_{cap} = 0$). Гідростатичний тиск є єдиним параметром, який регулює величину максимального радіуса капсули з максимальними значеннями, що компенсують сили поверхневого натягу. Але зі збільшенням початкового радіуса капсули (числа Бонда) діапазон допустимих гідростатичних тисків (F_h) процесу значно звужується, що зумовлює необхідність дослідження та обґрунтування співвідношення діаметрів випускних отворів пристрою. Зміна таких технологічних параметрів, як товщина оболонки (δ_L) та число капілярності (Sp), практично не впливає на максимальний радіус капсули.

Аналіз графічної моделі кінетики росту капсул, що визначає їх фізичні, а значить і органолептичні характеристики, свідчить, що стан рівноваги (крива 3, рис. 5) за контрольованих розмірних характеристик (R_{max}/L_{cap}) досягається, коли швидкість росту капсул (V) стає нульовою та забезпечується лише експериментально обґрунтованим тиском (F_h), який для заданого кінцевого радіуса капсули ($R = y_{max} \times L_{cap}$) дорівнює

$$h_L > 8 \left(\frac{1}{\sqrt{Bo}} - \frac{\delta_L}{Bo} \right) \frac{\Delta\sigma_\delta}{\Delta\sigma_R} - \frac{2}{3} \frac{\Delta\rho}{\rho} \sqrt{Bo} + 2 \frac{Cp+4}{\sqrt{Bo}}. \quad (6)$$

Таким чином, доведено, що в рідкому середовищі максимальний радіус капсули R_{max} залежить від відносної густини $\Delta\rho/\rho_0$ і не змінюється від значень числа Бонда (Bo), капілярності (Cp), відносного поверхневого натягу ($\Delta\sigma_\delta/\sigma_R$) і товщини оболонки. Отже, з технологічної та фізико-хімічної точок зору доведено можливість одержання широкого типоряду капсул за розмірними характеристиками та властивостями оболонок, що відповідає інноваційному задуму розробки та забезпечує формування асортименту ЛХСК.

Спрогнозовано та підтверджено, що введення в технологічну схему операції з одержання капсули у квазістабільному стані є обов'язковою умовою її формування, оскільки під час потрапляння капсули в рідке прийомне середовище, яке є джерелом Ca^{2+} , перебігають термодинамічно незворотні процеси утворення Alg_2Ca .



Результатом виконання умови (8) є утворення технологічного термодинамічного рівноважного стану, який покладено в основу моделі процесів та технологічних схем одержання напівфабрикатів ЛХСК у середовищі повітря та олії дезодорованої (рис. 8). Аналітично та експериментально доведено, що час утворення капсули в термодинамічному стабільному стані (τ) складає

$$\tau = \frac{60 \times \Delta X_2}{C_{Ca^{2+}} \times D \times \Delta X_1 \times S_{занурення} \times \omega \times k(V_k - V_0) \times C_{Alg^-}}, \quad (8)$$

де $\Delta X_1 = D \frac{dC_{Alg^-}}{d\tau}$; $\Delta X_2 = \frac{dC_{Alg_2Ca}}{d\tau}$; C_{Alg^-} , $C_{Ca^{2+}}$ – концентрації $AlgNa$ та Ca^{2+} , D – коефіцієнт дифузії для капсули за об'ємом V_k з площею занурення $S_{занурення}$ відповідно.

Проведене аналітичне моделювання стало підґрунтям для створення фізичних моделей і пристроїв для одержання ЛХСК у середовищі повітря та двошаровому прийомному середовищі «олія – водно-спиртовий розчин Ca^{2+} ».

Спрогнозовано, що поєднання принципів вертикальної співвісної зверху вниз екструзії двох потоків (жировий уміст – внутрішній потік, розчин $AlgNa$ – зовнішній потік) у двошарове прийомне середовище та способу іотропного гелеутворення

дозволяють одержати ЛХС у формі капсул із діаметром $(6,0 \dots 12,0) \times 10^{-3}$ м, співвідношенням оболонка : внутрішній жировий уміст – від мінімально можливого за жировим умістом до 10:90 ÷ 90:10 г/г, тривалістю зберігання 6 місяців за температури 2...6°C, які витримують усі види механічної та термічної обробки в інтервалі температур 40,0...99,0°C.

Ураховуючи, що масоперенесення в «Alg⁻ – Ca²⁺» буде виконуватися лише за рахунок дифузії Ca²⁺, сформульовано, що умовою стабільності технологічного процесу одержання термодинамічно стабільних ЛХСК є нерівність (9), що конструктивно передбачає перевищення об'єму прийомного середовища над наявним у ньому об'ємом капсул, що не збіднює розчин за вмістом Ca²⁺:

$$\frac{d[Ca^{2+}]}{d\tau} > \frac{d[Alg^{-}]}{d\tau}. \quad (9)$$

Експериментально підтверджено, що утворення ЛХСК у олійному шарі двошарового прийомного середовища реалізується за таких умов: наявність керованого пульсаційного удару відділення капсул, відповідність густини водно-спиртового розчину CaCl₂ густині олії прийомного середовища, тобто $\rho_{\text{олії}} = \rho_{\text{водного розчину солі Ca}^{2+}} = 926,0$ кг/м³, технологічного забезпечення перетину квазістабільною капсулою міжфазного шару розділу фаз середовища.

Для забезпечення виконання цих умов обґрунтовано параметри зниження густини водного розчину Ca²⁺ шляхом уведення в нижній водний шар прийомного середовища обґрунтованої концентрації етанолу. Експериментально доведено, що за співвідношення етанол : вода як 35:65 об./об. та 40:60 об./об. густина розчину Ca²⁺ складає близько 925,0 кг/м³ та 914,0 кг/м³, що відповідає умові проходження капсулою міжфазного шару за чинником густини під дією сил гравітації.

Раціональний вміст і співвідношення рецептурних компонентів двошарового прийомного середовища ($p=0,95$) «вода(x_1) – спирт(x_2) – Ca²⁺(x_3)» обґрунтовано за використанням симплекс-гратчастого планування Шеффе, а рівняння регресії має такий вигляд:

$$y(x_1, x_2, x_3) = 789,0 \times x_1 + 998,0 \times x_2 + 1015,0 \times x_3 \approx 926,0 \text{ кг/м}^3, \quad (10)$$

де x_1 – етанол; x_2 – вода дистильована; x_3 – 2,0% водний розчин хлориду кальцію.

Доведено, що зі збільшенням об'ємної концентрації етанолу до $C_{\text{ет}} = 42,0 \pm 1,0$ об.% за температури $20 \pm 1,0$ °C система двошарового прийомного середовища обертається за розташуванням фаз, що унеможливорює технологічний процес.

Доведено, що використання ПАР (Е432, Е471, Е322) сприяє зменшенню значення міжфазного натягу, що є одним із чинників керування перетину квазістабільною капсулою міжфазного шару прийомного середовища. На рис. 6 наведено графічні закономірності впливу поліоксиетиленсорбітанмонолаурату (Е432) на значення міжфазового натягу системи «олія – водно-спиртовий розчин Ca²⁺» та обґрунтовано його раціональну концентрацію 0,3% у прийомному середовищі.

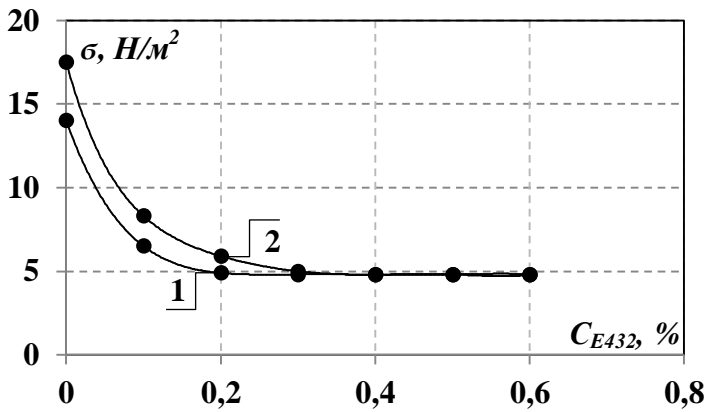


Рис. 6. Міжфазний натяг системи «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+} » ($C_{em} = 40$ об.%, $C_{\text{CaCl}_2} = 1,0\%$) залежно від концентрації E432 за температури: 1 – 20°C; 2 – 40°C відповідно

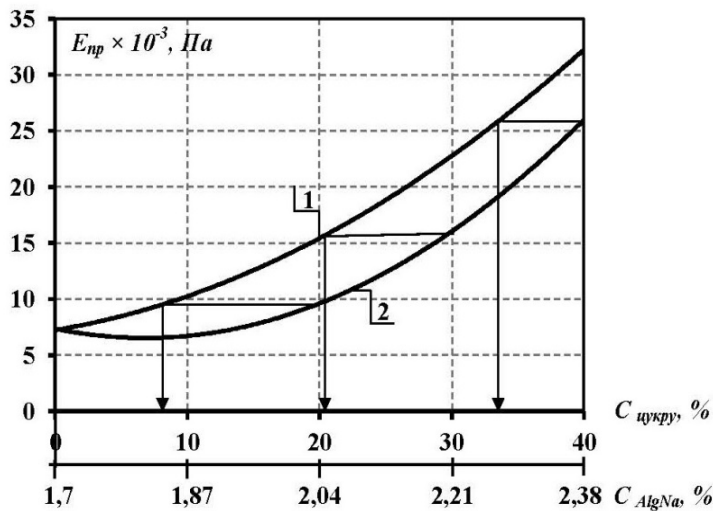


Рис. 7. Модуль пружності (E_{np}) модельних систем ($C_{\text{Ca}^{2+}} = 0,048\%$, $C_{\text{AlgNa}} = 1,0\%$) за вмісту цукру білого 10,0...40,0%: 1 – «вода – AlgNa»; 2 – «вода – AlgNa – цукор білий»

Спрогнозовано, що іншим чинником, який забезпечує перетин міжфазного шару прийомного середовища, є модифікація властивостей оболонок капсул, який передбачає збільшення її густини ($\rho_{\text{оболонки}}$) шляхом додавання до розчину AlgNa 10,0-40,0% цукру білого ($\rho_{\text{цукру}} = 1580 \text{ кг/м}^3$). Одночасно передбачено корегування концентрації AlgNa, оскільки цукор білий впливає на пружні властивості сітки гелю оболонки (рис. 7).

Розроблені чинники впливу керування технологічним процесом закріплено як його параметри. Визначено залежність взаємовпливу капсул і властивостей середовища на стабільність технологічного процесу та якість капсульованої продукції під час операції «Витримування у водно-спиртовому розчині Ca^{2+} » протягом $\tau = (20 \dots 25) \times 60$ с. Установлено, що етанол здатен впливати на показники пружності та вологоутримуючої здатності оболонок капсул. У той же час дифузія цукру білого в прийомне середовище визначає необхідність моніторингу густини водно-спиртового розчину Ca^{2+} з метою його відновлення. Визначено, що зменшення періоду перебування капсул у прийомному середовищі до технологічно обґрунтованого часу є обов'язковою умовою технологічного процесу.

У четвертому розділі «Обґрунтування та розробка технологій напівфабрикатів ліпідів харчової сировини капсульованих та визначення шляхів модифікації їх властивостей» науково обґрунтовано та розроблено технології виробництва напівфабрикатів ЛХСК, наведено дані про показники якості та безпечності напівфабрикатів «Олія соняшникова капсульована» (ОСК), «Олія оливкова капсульована» (ООК), «Олії вітамінізовані капсульовані» згідно з ТУ У 10.4-38128375-003:2014 «Олії, жири та суміші жирів капсульовані» та їх зміну в технологічному потоці й під час зберігання. Досліджено модифікацію властивостей оболонок ЛХСК. Технологічну схему виробництва напівфабрикатів ЛХСК на прикладі ООК наведено на рис. 8, загальні фізико-хімічні показники ОСК та ООК, жирнокислотний склад ліпідів ООК – у табл. 1, 2.

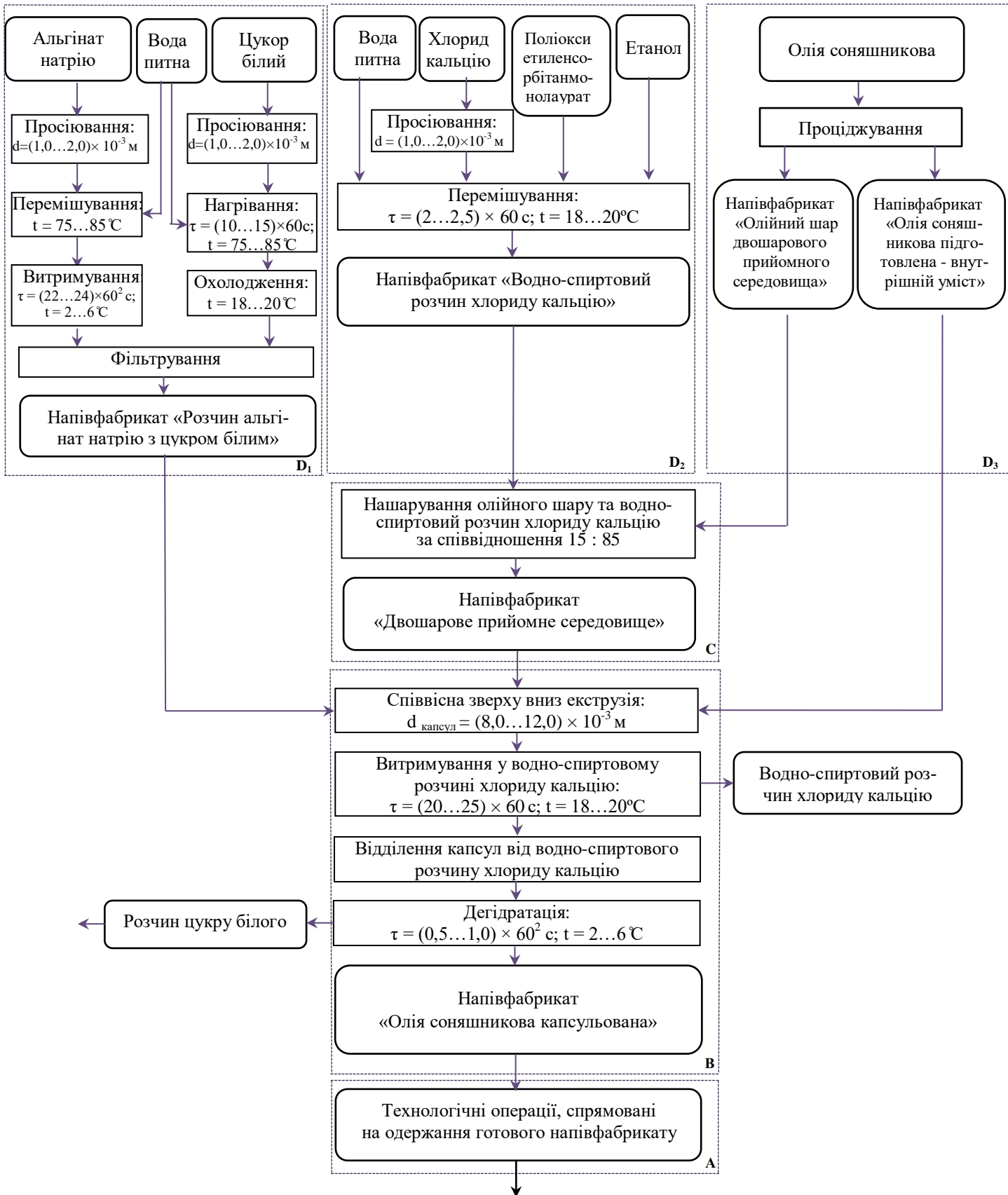


Рис. 8. Технологічна схема одержання напівфабрикату «Олія соняшникова капсульована» в двошаровому прийомному середовищі

Загальні фізико-хімічні показники ЛХСК

Найменування показника	Найменування напівфабрикату	
	ОСК	ООК
Масова частка сухих речовин, %	80,20±1,6	78,80±1,6
Масова частка ліпідів, у тому числі, %:	79,85±1,5	78,50±1,5
– що не омилюються, %	0,08±0,001	0,32±0,01
Масова частка вуглеводів, %	0,35±0,01	0,30±0,01
Діаметр капсули, × 10 ³ м	12,0	5,0
Співвідношення оболонка : внутрішній жировий уміст, мас.%	75:25	80:20

Таблиця 2

Жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикату «Олія оливкова капсульована»

Найменування жирної кислоти	Індекс кислоти	Термін зберігання, днів			
		0	30	90	180
Міристинова	C _{14:0}	0,05±0,001	-	-	-
Пальмітинова	C _{16:0}	11,30±0,3	11,97±0,3	12,35±0,3	12,91±0,3
Стеаринова	C _{18:0}	2,81±0,3	3,37±0,3	3,85±0,3	4,05±0,2
Арахінова	C _{20:0}	0,30±0,001	0,25±0,001	0,19±0,001	0,12±0,001
Бегенова	C _{22:0}	0,21±0,001	0,09±0,001	-	-
Лігноцерінова	C _{24:0}	0,20±0,001	0,17±0,001	0,15±0,001	0,13±0,001
Усього насичених жирних кислот:		14,87	15,85	16,54	17,19
Пальмітолеїнова	C _{16:1}	0,80±0,02	0,70±0,02	0,72±0,02	0,67±0,03
Олеїнова	C _{18:1}	78,05±1,5	76,00±1,5	74,86±1,5	73,0±1,5
Ейкозенова	C _{20:1}	0,15±0,001	0,07±0,001	-	-
Усього мононенасичених жирних кислот:		79,90	76,05	75,58	73,67
Лінолева	C _{18:2}	4,30±0,3	7,27±0,3	7,03±0,3	8,55±0,3
Ліноленова	C _{18:3}	0,62±0,02	0,50±0,02	0,48±0,02	0,44±0,02
Ейкозатрієнова	C _{20:3}	0,31±0,001	0,33±0,001	0,37±0,001	0,2±0,001
Усього поліненасичених жирних кислот:		5,23	8,10	7,88	9,14
співвідношення внутрішня складова : оболонка капсули як 80:20					

Для підтвердження можливості одержання капсульованої продукції з внутрішнім умістом ароматизованих, вітамінізованих олій, жирів та їх сумішей, що дуже важливо у фізіологічному та технологічному плані, розроблено технологію «Олія капсульована вітамінізована», внутрішній жировий уміст якої одержано шляхом прямої екстракції ліпідів перцю чілі оліями соняшниковою та оливковою. Контроль екстракції проводили за величиною оптичної густини за D₄₉₅ залежно від співвідношення олія : перець чілі мас.%/мас.% (рис. 9).

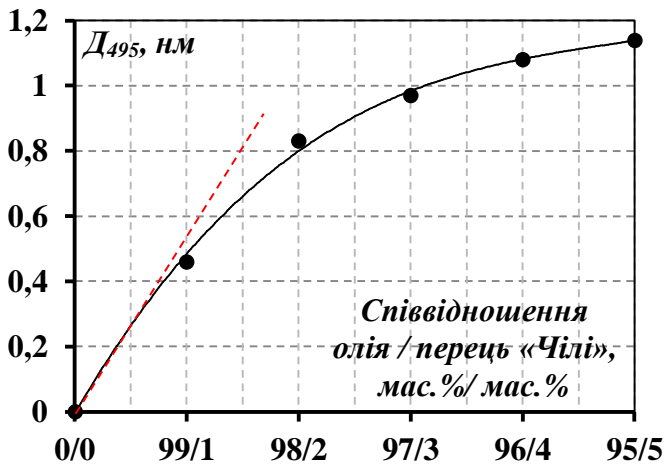


Рис. 9. Оптична густина (D_{495}) олій вітамінізованих залежно від співвідношення олія : перець чілі, мас.%/мас.%, ($t = 20^{\circ}\text{C}$; $\tau_{\text{екстракції}} = 24 \times 60^2\text{с}$; $N_{\text{екстракції}} = 1$)

нями за 1710 см^{-1} , що відповідають $C = 0$ кетонів, підтверджено наявність каротиноїдів та вітаміну А. Досліджено зміни жирнокислотного та фракційного складу ліпідів ЛХСК. Установлено, що протягом 180 діб за температури $4 \dots 6^{\circ}\text{C}$, незалежно від виду упаковки та маси продукту, напівфабрикати характеризуються високими показниками якості, безпечності, відповідають вимогам чинного законодавства України та, у зв'язку з експортом розробленої продукції до країн ЄС, регламентам ЄС (табл. 3). Зроблено висновок, що висока стабільність ліпідів забезпечується їх інтактністю із зовнішнім середовищем за рахунок наявності їстівної оболонки. Експериментально підтверджено, що склад ліпідів не впливає на параметри технологічного процесу капсулування.

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники напівфабрикату «Олія оливкова капсульована» відповідно до вимог ЄС

Найменування показника	Допустимі значення	Термін зберігання, діб			
		0	30	90	180
Масова частка сухих речовин, %	–	$78,85 \pm 1,5$	$79,1 \pm 1,5$	$79,5 \pm 1,5$	$80,19 \pm 1,5$
Колірне число, г $I_2/100\text{ г}$	94	$75,0 \pm 1,5$	$75,5 \pm 1,5$	$81,2 \pm 1,6$	$88,8 \pm 1,6$
Кислотне число, мг КОН/г	0,8 не більше	$0,23 \pm 0,01$	$0,29 \pm 0,01$	$0,57 \pm 0,01$	$0,73 \pm 0,01$
Пероксидне число, 1/2 О ммоль/кг	20,0 не більше	$2,5 \pm 0,3$	$2,7 \pm 0,3$	$8,3 \pm 0,3$	$12,1 \pm 0,3$
Число омилення, мг КОН/г	Не норм.	184,5	186,2	189,5	193,7
Сторонні домішки, %	Не допуск.	Не виявлено			

Це дозволяє одержувати екстракти з різним умістом за активним компонентом, що розширює можливості задоволення вимог споживачів ЛХСК за вмістом функціональної речовини, органолептичними показниками тощо. Установлено, що в інтервалі концентрацій, які досліджувалися, каротиноїди не впливали на процес капсулування.

ІЧ-спектроскопією речовин, що не омилуються, за хвильовими числами (см^{-1}) 720, 1010, 1080, 1230, 1430, 1550, 2858-2926, 2690, 3010-4000 підтверджено наявність у екстрактах стероїдів, вітамінів групи D, токоферолу, каротиноїдів, а за валентними коливаннями

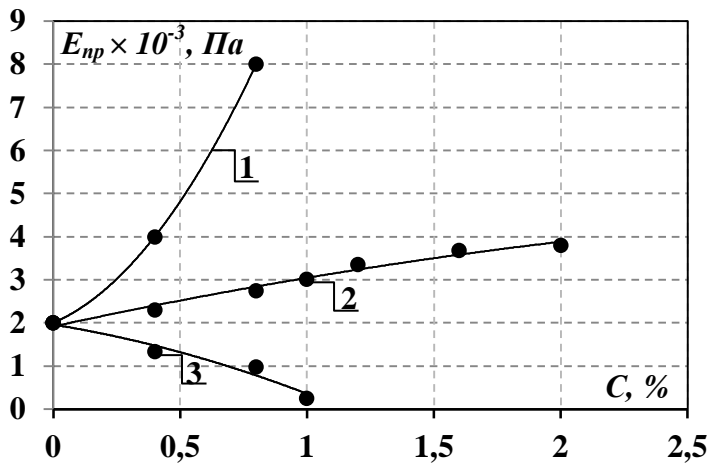


Рис. 10. Динаміка модуля пружності (E_{np}) гелю Alg_2Ca ($C_{AlgNa} = 2,0\%$) за наявності: 1 – агару ($C = 0,2...0,8\%$); 2 – пектину низькоестерифікованого ($C = 0,5...2,0\%$); 3 – гліцерину ($C = 0,5...1,0\%$)

альгіно-пектиною ($C_{пектину} = 0,5...2,0\%$) оболонками. На рис. 10 наведено закономірності впливу речовин-модифікаторів на величину високоеластичного модуля пружності ($E_{np} \times 10^3$ Па). Аналітично та експериментально підтверджено, що, незважаючи на зростання модуля пружності за умов використання агару та пектину низькоестерифікованого, частка високоеластичної деформації в загальній для змішаних гелів зменшується: з 0,82 до 0,68 – для агару ($C = 0,8\%$) та з 0,81 до 0,60 – для пектину низькоестерифікованого ($C = 2,0\%$). Це свідчить про наростання в оболонках ЛХСК пластичних властивостей, що суттєво змінює органолептичне сприйняття.

Гліцерин ($C = 1,0\%$) також є пластифікатором альгінат-кальцієвої оболонки капсули, оскільки його додавання призводить до зростання частки незворотньої деформації (з 0,19 до 0,21).

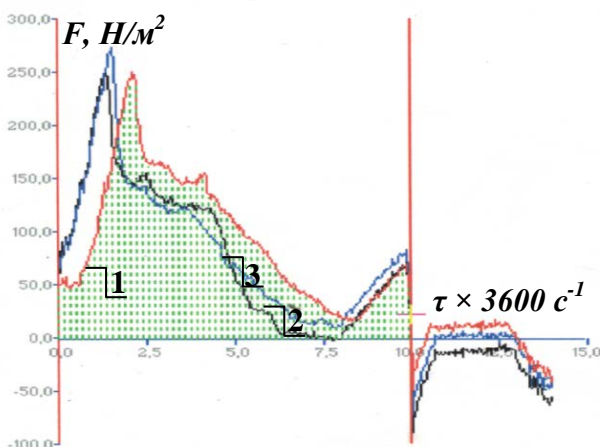


Рис. 11 Реограма зусилля розривання змішаних гелів на основі Alg_2Ca від концентрації агару, %: 1 – контроль ($C_{Alg_2Ca} = 2,0\%$), 2 – 0,4 ($C_{Alg_2Ca} = 1,6\%$), 3 – 0,8 ($C_{Alg_2Ca} = 1,2\%$)

Спрогнозовано, що використання у складі оболонок речовин-модифікаторів розширить технологічні властивості ЛХСК. Доведено, що використання у складі оболонок капсульованої продукції гліцерину, агару або пектину низькоестерифікованого дозволяє модифікувати технологічні властивості ЛХСК пропорційно частині внесеної речовини та дає змогу адаптувати ЛХСК до різних технологічних впливів, у тому числі термічних. Розроблено та обґрунтовано технології ЛХСК з альгіно-гліцериновою ($C_{гліцерину} = 0,5...1,0\%$), альгіно-агаровою ($C_{агару} = 0,2...0,8\%$) та

Ці дані підтверджують реограми зусилля розривання на текстурометрі ТА.ХТ2 гільйотиною (ніж із формою внутрішнього конуса) дослідних змішаних гелів.

На рис. 11 наведено реограму змішаного альгіно-агарового гелю за концентрації $AlgNa$ 1,6% та агару 0,4%. Бачимо, що рівноцінна заміна концентрації $AlgNa$ агаром призводить до зниження міцності (F) з $268,0 \pm 1,0$ Н/м² до $250,0 \pm 1,0$ Н/м². При цьому в реограмі на внизспадаючих ділянках виявлено плечі, які є підтвердженням факту модифікації текстурних властивостей оболонки та свідченням виникнення додаткової сітки гелю агару в сітці гелю Alg_2Ca .

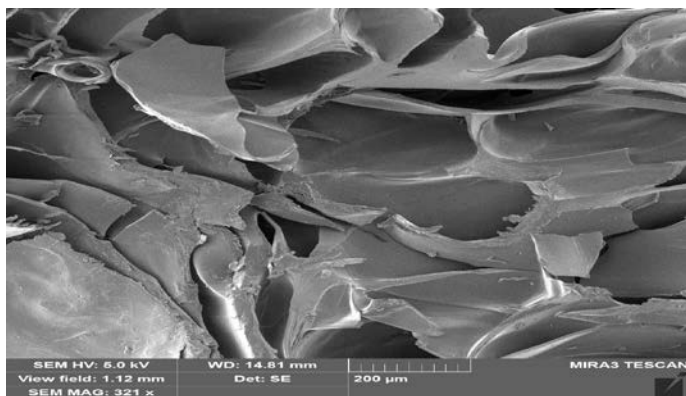


Рис. 12 Мікроструктура змішаного гелю за концентрації AlgNa 1,4% та агару 0,4%

Електронно-мікроскопійними дослідженнями (рис. 12) доведено, що для дослідних змішаних гелевих оболонок характерна капілярно-пориста структура, яка під час зберігання текстурного вмісту інкапсулянту забезпечує масообмін із зовнішнім середовищем у процесі гомеостазу.

У п'ятому розділі «Обґрунтування та розробка технологій виробництва харчової продукції з використанням ліпідів харчової сировини капсульованих» наведено шляхи використання

ЛХСК у технологіях харчової та кулінарної продукції, нові технології на основі ЛХСК, їх вплив на організацію технологічних процесів і спрогнозовано, що взаємодія зі спеціалістами харчової промисловості дозволить розробити широкий асортимент нової продукції та нові принципи організації технологічних процесів. Наведено технологічну схему нової харчової продукції «Олія оливкова капсульована у заливці», технологію виготовлення якої реалізовано в промислових масштабах (ТОВ «КАПСУЛАР» (Україна) та Acer Camprestres, S.L. (Іспанія) (рис. 13). Вимоги до якості та безпечності продукту викладено в технічних умовах ТУ У 10.4-38128375-003:2014 «Олії, жири та суміші жирів капсульовані».

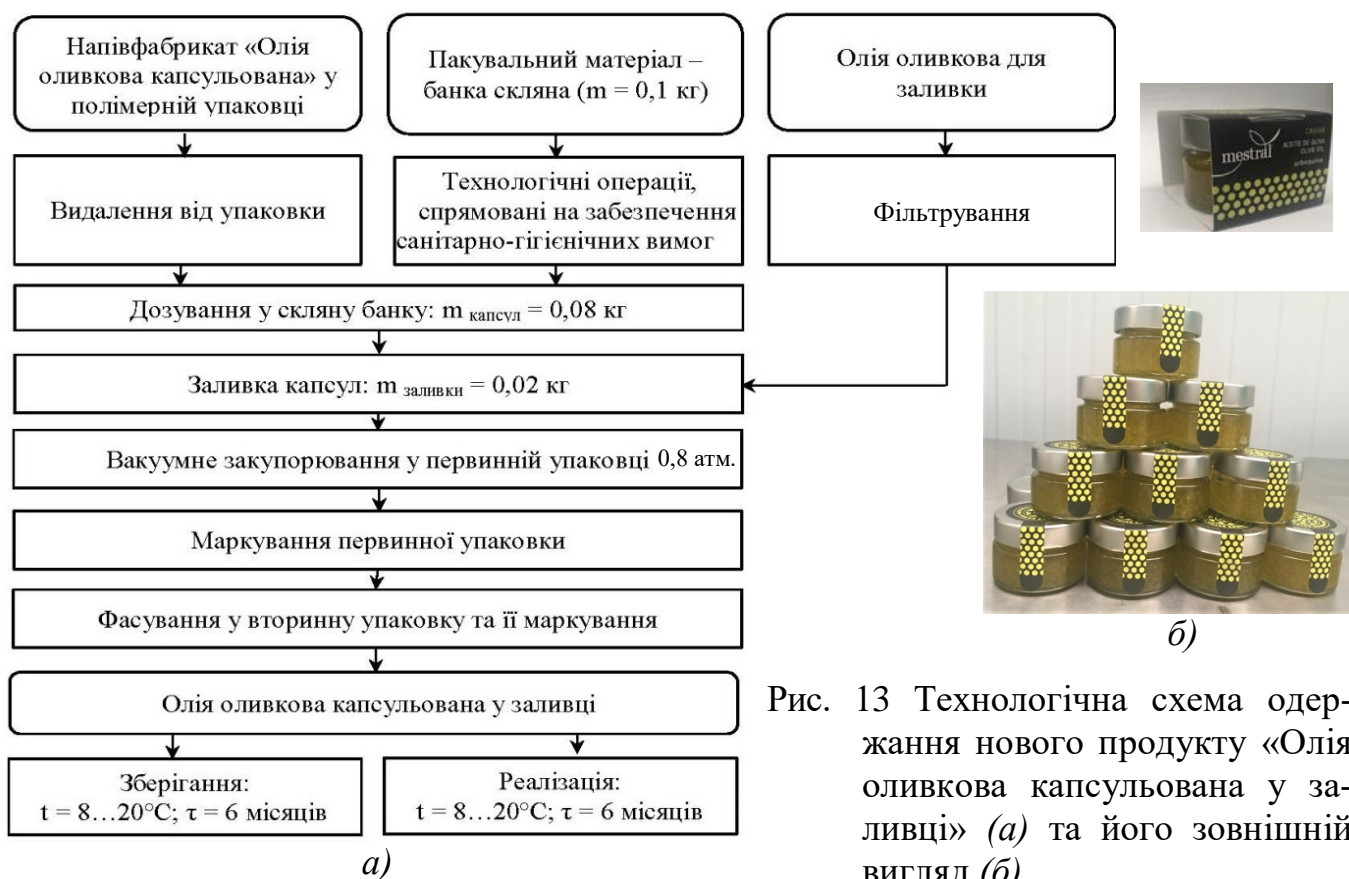


Рис. 13 Технологічна схема одержання нового продукту «Олія оливкова капсульована у заливці» (а) та його зовнішній вигляд (б)

Розроблено та впроваджено технології нової продукції «Олія оливкова капсульована в оцті бальзамічному» для салатів та холодних страв з подовженими термінами зберігання, соусу «Дресінги капсульовані» (патент РСТ № WO 2018/125022, патент № 117747) у широкому асортименті та обґрунтовано закономірності зміни основних показників якості та безпечності, які протягом 180 діб зберігання за $t = 8 \dots 20^\circ\text{C}$ відзначаються як високі та сталі. Комплексні показники якості та безпечності відображено в ТУ У 10.4-38128375-009:2018 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані в олійних та оцтових середовищах», ТУ У 10.4-38128375-010:2018 «Дресінги капсульовані» та технологічних інструкціях з їх виробництва.

Капсулювання ЛХС відкриває принципово нові технологічні можливості, у тому числі під час одержання структурованої продукції. Згідно з інноваційним задумом обґрунтовано та розроблено технологію принципово нової структурованої продукції «Оливка структурована фарширована олією оливковою капсульованою» (рис. 14). Особливістю цього процесу є використання інноваційного процесу структуроутворення, який дозволив одержати харчову продукцію зі структурою «олія капсульована в структурованому пюре на основі оливки».

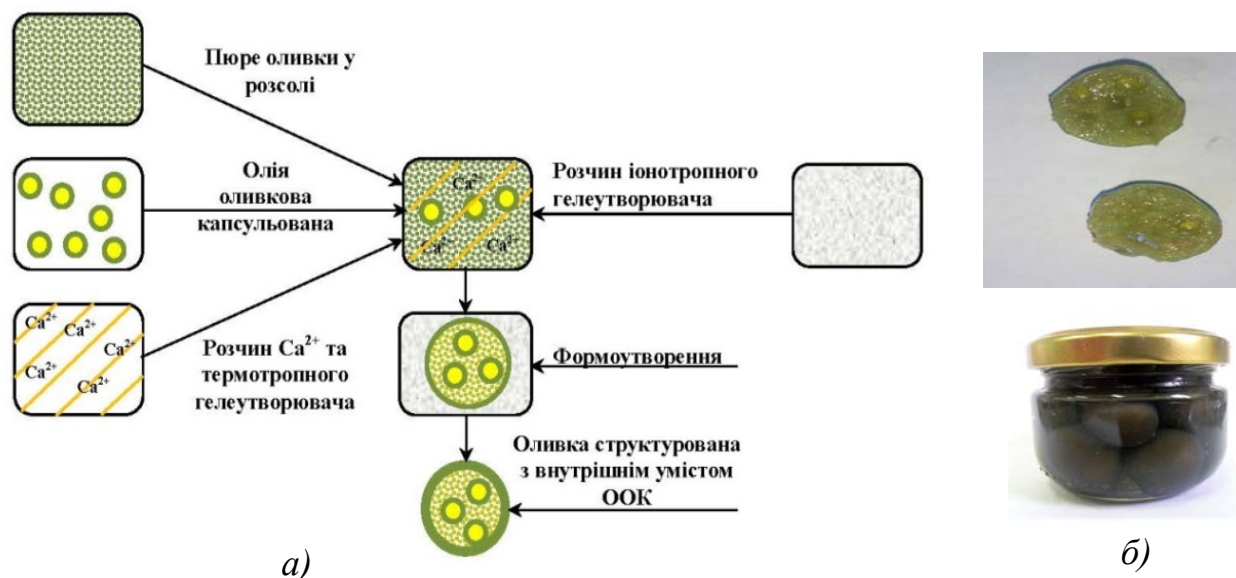


Рис. 14. Модель технологічної системи «Оливка структурована фарширована олією оливковою капсульованою» (а) та її зовнішній вигляд (б)

Реалізований підхід характеризується ефективним ресурсозберігаючим ефектом: рослинна сировина подрібнюється в пюре, на основі якого готують рецептурну суміш, до складу якої входять ЛХСК із заданими органолептичними властивостями, після чого суміш структурується. Допускається одержання пюре із сировини зі зниженими товарознавчо-технологічними властивостями.

Визначено технологічні закономірності формування рецептурної суміші для інкапсулювання – підготовка пюре на основі оливки, водних розчинів структуроутворювачів з одержанням рецептурної суміші з заданими реологічними характеристиками, стійкістю до седиментації та розшарування, органолептичними показниками тощо.

Хімічний склад і фізико-хімічні показники оливки структурованої наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Хімічний склад і фізико-хімічні показники оливки структурованої

Найменування показника	Термін зберігання, дів			
	0	30	90	180
Масова частка сухих речовин, %	26,3±0,3	26,4±0,4	26,7±0,3	26,8±0,4
Масова частка білків, %	1,1±0,01	1,1±0,01	1,1±0,01	1,1±0,01
Масова частка жирів, %	18,7±0,3	18,7±0,3	18,7±0,3	18,7±0,3
Масова частка вуглеводів, %	5,0±0,03	5,0±0,03	5,1±0,03	5,2±0,03
Харчові волокна, %	0,66±0,01	0,68±0,01	0,71±0,01	0,72±0,01
Масова частка золи, %	0,86±0,01	0,88±0,01	0,91±0,01	0,94±0,01
Калорійність, ккал	196,4	196,4	198,1	198,6
Масова частка хлориду натрію, %	1,20±0,01	1,22±0,01	1,24±0,01	1,26±0,01
Титрована кислотність (у перерахунку на оцтову кислоту), %	0,25	0,26	0,28	0,29
Масова частка сторонніх домішок, %	не виявлено			

Розроблено технологію розсолів для заливки структурованого продукту, науково обґрунтовано параметри пастеризації. Комплексно досліджено показники якості та безпечності оливки структурованої, що відображено в ТУ У 10.4-38128375-005:2018 «Напівфабрикати структуровані на основі оливкової сировини консервованої». Узагальнення результатів дослідження дозволяють переробляти за цією схемою інші види рослинної сировини.

Розвиток технології виробництва борошняних кондитерських виробів із використанням ЛХСК із точки зору концептуального рішення розглядався у двох напрямках:

– перший напрям: ЛХСК, які введено до рецептури борошняних кондитерських виробів, за властивостями оболонки мають здатність зберігати структурну цілісність у технологічному потоці, у тому числі під час термообробки, та у готовому виробі вони залишаються у вигляді капсул;

– другий напрям: ЛХСК мають модифікований склад оболонок і на певному етапі теплової обробки втрачають структурну цілісність, внаслідок чого жир перерозподіляється в середовищі виробу. Інтактність жирів у складі капсул до структури тіста має ключові переваги: жири не впливають на структуру тіста під час тістоутворення; жири не впливають на технологічну активність рецептурних компонентів тіста, не здатні їх пригнічувати, активувати в технологічному потоці, у тому числі під час бродіння, що важливо для дріжджового та бісквітного тіста (патенти № 114736, 117738, 103249, 03252, 103253).

Унесення жирів до складу продукції в капсульованому стані дозволяє створити технологічні суміші капсул з індивідуальним складом жирів кожної капсули, тим самим забезпечити керований склад жирів з індивідуальними органолептичними характеристиками за кольором, розмірами, смаком, складом, консистенцією, що є дуже важливим під час планування та формування харчової цінності та органолептичних показників кондитерських виробів. Досліджено можливість організації нового процесу. Удосконалено технологію напівфабрикату бісквіта основного (рис. 15)

шляхом уведення ЛХСК після збивання яєчно-цукрової суміші з борошном пшеничним. Це не призвело до зміни значення піноутворюючої здатності (ПЗ = 180,0...200,0%) та стійкості піни (СП = 80,8%) (рис. 16).



Рис. 15. Модель технологічної системи виробництва напівфабрикату «Бісквіт основний» із використанням жиру капсульованого

Під час випікання бісквіта основного за температури 75...80°C капсули з альгіно-агаровою оболонкою (розділ 4) втрачають свою структурну цілісність з витіканням ліпідного вмісту. Це дозволило за загального вмісту жирів близько 8,0%, збагатити готові вироби цінними поліненасиченими жирними кислотами за умови збереження збитості та пористості (рис. 16), характерними для бісквіту основного. Такий результат є проявою ефекту інтактності структурованих ліпідів до структури тіста.

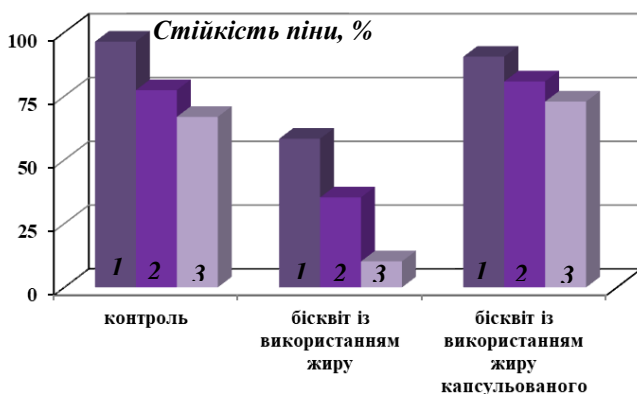


Рис. 16 Стойкість піни бісквітного тіста в часі, × 60 с: 1 – 0; 2 – 30; 3 – 60 відповідно

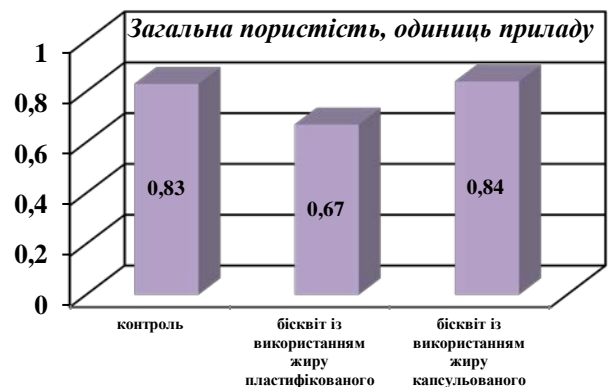


Рис. 17 Загальна пористість випечених напівфабрикатів бісквіта основного залежно від способу введення жирової складової

Вивчено вплив ЛХСК на стійкість піни бісквітного тіста й установлено, що через 30×60 с та 60×60 с вони склали $80,8 \pm 1,6\%$ та $72,9 \pm 1,4\%$ відповідно. У той же час для зразків тіста до рецептури якого введено жир у пластифікованому стані, спостерігалось миттєве зниження об'єму тіста та через 30×60 с й 60×60 с склали $45,3 \pm 1,0\%$ й $10,2 \pm 0,2\%$ відповідно.

Аналіз діаграми (рис. 17) свідчить, що введення жиру у бісквітне тісто в капсульованому вигляді не впливає на показники пористості випечених напівфабрикатів, як результат – бісквіти характеризуються заданою пишністю за об'ємом. Порівняльний аналіз фізико-хімічних показників якості напівфабрикатів бісквіту основного, одержаних за різних умов введення жирової складової, наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Фізико-хімічні показники напівфабрикатів бісквіту основного залежно від способу введення жирової складової

Найменування показника	Фактичні значення		
	Бісквіт основний	Бісквіт із використанням жиру капсульованого	Бісквіт із використанням жиру пластифікованого
Вологість тіста, %	$27,0 \pm 0,5$	$19,0 \pm 0,3$	$18,0 \pm 0,3$
Масова частка жиру, %	–	$8,0 \pm 0,2$	$10,0 \pm 0,2$
Намокання, %	$325,6 \pm 6,0$	$310,4 \pm 6,0$	$290,7 \pm 5,8$
Крихкість, %	$3,41 \pm 0,06$	$3,26 \pm 0,06$	$2,85 \pm 0,05$
Стискуваність м'якушки, од. прибору	$60,0 \pm 1,2$	$57,0 \pm 1,1$	$45,0 \pm 0,9$
Пористість, %	$78,1 \pm 1,6$	$77,5 \pm 1,5$	$73,5 \pm 1,5$

Експериментально підтверджено наукову гіпотезу про інтактність ЛХСК у технології дріжджового тіста. Згідно з технологічними можливостями капсулювання здобу у вигляді суміші оліє-жирової сировини та цукру білого за їх співвідношення $99,0-80,0 \div 1,0-20,0$ мас.% у капсульованому вигляді вносили під час другого обминання. За рахунок того, що здоба знаходиться в інтактній, по відношенню до середовища тіста, формі, жир і цукор не впливають на інтенсивність перебігу фізико-хімічних і біохімічних процесів бродіння, що суттєво інтенсифікує процес одержання готових дріжджових виробів порівняно з опарним способом. Установлено, що під час випікання термотропно-іонотропна оболонка капсули втрачає свою текстурну цілісність, внутрішній ліпідний уміст рівномірно розподіляється за об'ємом виробу. Таким чином, готовим виробам властиві характеристики здобних дріжджових виробів, що визначає текстуру та смак готового виробу. Такий технологічний прийом дозволяє одержувати дріжджові вироби з фізико-хімічними характеристиками виробів з опарного тіста. При цьому тривалість технологічного процесу суттєво зменшується порівняно з традиційною технологією виробів, одержаних на основі опарного тіста (патент №114737).

Рецептури борошняних кондитерських виробів із використанням ЛХСК наведено в технологічній інструкції до ТУ У 10.4-38128375-003:2014 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані».

Розроблено, сконструйовано та апробовано спеціалізоване обладнання та промислові лінії для виробництва ЛХСК, які дозволили одержувати капсульовану продукцію з різних за в'язкістю гідрофобних речовин, з одержанням капсул діаметром $(4,3 \dots 12,0) \times 10^{-3}$ м та різною за властивостями оболонкою (рис. 18, 19). Експлуатаційні характеристики обладнання відповідають нормованим і забезпечують рівень якості капсульованої продукції згідно з вимогами нормативної документації.

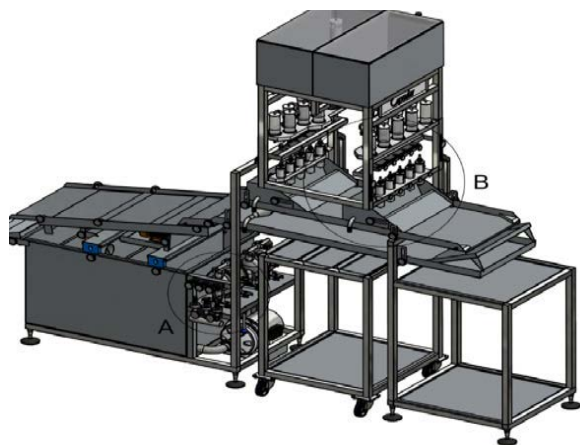


Рис. 18 3D фронтальна проекція промислового багатоканального пристрою для капсулювання ЛХСК у середовищі повітря



Рис. 19 Фотографічне зображення пристрою УЖК-20 для одержання ЛХСК у середовищі повітря

Апаратне оформлення та промислова лінія з виробництва ЛХСК має статус «інноваційні» розробки, що підтверджується одержанням патенту на винахід Світової організації Інтелектуальної Власності згідно з угодою про патентну кооперацію (РСТ) № WO 2017/105378 A1 «Капсуляторная головка и устройство для получения капсул», патенту на корисну модель України №106622 «Капсуляторна головка для одержання капсул».

У шостому розділі «Оцінка результатів та ефективності наукових розробок» здійснено оцінку економічної ефективності функціонування розроблених та комерціалізованих технологій на якісному та кількісному рівнях. Розроблені технології ЛХСК та харчової продукції з їх використанням упроваджено у закладах ресторанного господарства та харчової промисловості України, Іспанії, США, доведено соціально-економічну ефективність нових розробок на внутрішніх та зовнішніх ринках, визначено соціальний ефект у вигляді забезпечення нових робочих місць (ТОВ «КАПСУЛАР», м. Дергачі, Україна). Аналіз економічних даних 2016–2017 рр. ТОВ «КАПСУЛАР» свідчить, що відрахування до бюджету країни у вигляді податків склали 1126,9 тис. грн. Загальна вартість експортованої продукції за цей період склала: готова продукція – 54,9 тис. дол.; обладнання для виробництва ЛХСК – 125,9 тис. дол., ліцензійні угоди на виробництво продукції – 2,6 тис. дол. Оцінка потенціалу наукових розробок як об'єкту комерціалізації визначає високий рівень ефективності, який складає 170,2 бали, що відповідає 85,1% від максимально можливого рівня оцінки (200 балів).

ВИСНОВКИ

1. З урахуванням державної політики у сфері безпеки харчування населення України та необхідності забезпечення споживачів високоякісною харчовою продукцією, яка відповідає сучасним вимогам нутриціології, аналітично й експериментально доведено, що створення та реалізація наукового-практичного напрямку з одержання ЛХСК та харчової продукції на їх основі відповідає суспільним запитам і дозволяє створювати харчову продукцію з високими доданою вартістю, органолептичними показниками та харчовою цінністю.

2. Теоретичними, аналітичними та експериментальними дослідженнями обґрунтовано науково-технічні принципи технологій капсулювання ЛХС, систем на основі олій, жирів тваринного походження й харчової продукції з використанням ЛХСК, розроблено промисловий пристрій ПЖК-20 для випуску продукції капсульованої з внутрішнім жировим умістом, нормативні, технологічні та економічні принципи організації виробництва нової продукції.

3. З урахуванням теоретичних положень про розрив ламінарного потоку рідин та незмішування різнополярних рідин розроблено та перевірено на адекватність теоретичні моделі формування систем капсульованих «ЛХС – оболонка капсули» у середовищі повітря та у двошаровому прийомному середовищі «олія дезодорована – водно-спиртовий розчин Ca^{2+} », які стали науковим підґрунтям для обґрунтування технологій та конструювання обладнання для одержання ЛХСК, забезпечили функціонування нового науково-практичного напрямку виробництва харчової продукції з використанням ЛХСК.

4. Розвинуто теоретичні положення про одержання харчової гідрофобної продукції капсульованої структурованої з використанням іонотропних полісахаридів як оболонкоутворювачів, які полягають у встановленні закономірностей фізичних, структурно-механічних, органолептичних властивостей ЛХСК із технологічними принципами формування, характеристиками прийомного середовища ($C_{\text{CaCl}} = 1,0 \dots 1,2\%$; $C_{\text{етанолу}} = 35,0 \dots 40,0$ об. % – для двошарового прийомного середовища), параметрами технологічного процесу, складом і кількісним умістом учасників технологічного процесу ($C_{\text{AlgNa}} = 0,8 \dots 1,5\%$, $C_{\text{агару}} = 0,8\%$, $C_{\text{пектину}} = 2,0\%$, $C_{\text{глицерину}} = 1,0\%$), які забезпечують одержання ЛХСК із прогнозованою харчовою цінністю та технологічними властивостями.

5. Уперше шляхом визначення кінетики капсулоутворення в середовищі повітря визначено заходи з визначення критичних точок контролю технологічного процесу, спрогнозовано продуктивність пристроїв під час одержання ЛХСК у процесі екструзії за вихідними рецептурними компонентами (речовинами). Теоретично показано, що основним чинником, який лімітує продуктивність пристрою, є стадія формування зародка та безпосередньо краплі. Теоретично доведено, що за умов формування капсул у середовищі повітря продуктивність процесу $\tau = (90 \dots 160) \times 60^{-1}$ с обмежена, як і діаметр ($d = (4,3 \dots 7,6) \times 10^{-3}$ м) капсул унаслідок визначальної дії на процес формування сили тяжіння. Визначено, що технологічні характеристики розчину AlgNa визначають фізичні розміри перемички, краплі, тривалість процесів формування краплі та її відриву; збільшення відносного коефіцієнта поверхневого натягу у 3 рази збільшує радіус краплі в 1,6 рази, а повна тривалість формування й відриву краплі – у 2,5 рази.

Одержані дані застосовано для експериментальної перевірки запропонованої моделі утворення й відриву краплі рідини, а також під час конструювання пристроїв для одержання капсул й обґрунтування їх потужності за кінцевим продуктом.

6. Теоретично та експериментально обґрунтовано технологію одержання ЛХСК у двошаровому прийомному середовищі «олія – водно-спиртовий розчин Ca^{2+} ». Доведено, що співвідношення етанол – вода як 35:40 та 40:60 об./об., уміст цукру білого в оболонці капсул за концентрації 10,0...40,0 мас.% забезпечує одержання ЛХСК з розмірними характеристиками $d = (6,0...12,0) \times 10^{-3}$ м.

7. Аналітично обґрунтовано та експериментально підтверджено (на прикладі використання агару за $C = 0,2...0,8\%$, пектину низькоетерифікованого за $C = 1,0...2,0\%$, гліцерину за $C = 0,5...1,0\%$), що властивості оболонок ЛХСК можуть бути модифіковані за властивостями у широкому діапазоні характеристик, а рецептурний склад оболонкоутворювача суттєво впливає на технологічну стійкість ЛХСК за різних умов технологічного впливу, визначає та обґрунтовує технологічні параметри й умови використання нового продукту в технологіях харчової продукції. Розроблено рекомендації з використання ЛХСК з різним складом оболонок в технології харчової продукції.

8. На підставі проведених теоретичних та експериментальних досліджень, реалізації наукової концепції розроблено технології та затверджено технічні умови та технологічні інструкції: ТУ У 10.4-38128375-003:2014 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані», ТУ У 10.4-38128375-009:2018 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані в олійних та оцтових середовищах», ТУ У 10.4-38128375-010:2018 «Дресінги капсульовані»; ТІ до ТУ У 10.4-38128375-003:2014 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані», ТІ з виготовлення холодних і гарячих закусок, салатів, других страв, солодких страв із використанням олій, жирів та їх сумішей жирових капсульованих до ТУ У 10.4-38128375-003:2014, ТІ з виготовлення борошняних кондитерських виробів до ТУ У 10.4-38128375-009:2018.

9. Узагальненням наукових результатів капсулювання гідрофобних речовин є розробка 5 нових технологій харчової продукції. Розроблено та серійно впроваджено у виробництво нову технологічну лінію на основі авторського пристрою УЖК-20 з виробництва ЛХСК із розмірними характеристиками капсул $(4,3...7,6) \times 10^{-3}$ м та $(6,0...12,0) \times 10^{-3}$ м. Аналіз показників якості та безпечності серійної продукції підтвердив її стабільність протягом 180 діб зберігання, а використання розроблених принципів капсулювання дозволяє одержувати широкий асортимент ЛХСК з прогнозованою харчовою цінністю.

10. Доведено високий потенціал розроблених технологій на внутрішніх і зовнішніх продовольчих ринках. Промислове виробництво та експортоорієнтованість реалізації нової продукції є чинником позитивного іміджу Харківського регіону та України на зовнішніх ринках і свідчить про значний ринковий потенціал розробленої продукції. Розроблені технології ЛХСК та харчової продукції з їх використанням упроваджено в закладах ресторанного господарства та харчової промисловості України, Іспанії, США, доведено соціально-економічну ефективність нових розробок, визначено соціальний ефект у вигляді забезпечення нових робочих місць (ТОВ «КАПСУЛАР», м. Дергачі, Україна). Аналіз економічних даних 2016–2017 рр. ТОВ «КАПСУЛАР» свідчить, що відрахування до бюджету країни у вигляді податків склали 1126,9 тис. грн. Загальна вартість експортованої продукції за цей період склали: готова продукція –

54,9 тис. дол.; обладнання для виробництва ЛХСК – 125,9 тис. дол., ліцензійні угоди на виробництво продукції – 2,6 тис. дол. Оцінка потенціалу наукових розробок як об'єкта комерціалізації за критеріями інтелектуальної власності, інноваційності технології, трансферу, сприяння й можливості комерціалізації визначає високий рівень ефективності. Загальний середній показник складає 170,2 бали, що складає 85,1% від максимально можливого рівня оцінки (200 балів).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Неклеса (Тищенко) О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П., Пивоваров Є. П. Науково-практичні принципи капсулювання технологічних систем гідрофобного походження // Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технології, енерго-ефективного виробництва, зберігання та маркетингу: колективна монографія / за ред. проф. Євлаш В. В., проф. Потапова В. О., проф. Савицької Н. Л. Х.: ХДУХТ, 2015. Ч. 2. С. 343–360. *Внесок здобувача: обґрунтовано науково-технологічні параметри капсулювання систем гідрофобного походження.*

2. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Нагорний О. Ю., Гринченко Н. Г. Технологія олії соняшnikової капсульованої та її використання у складі салатів: монографія. Х.: ХДУХТ, 2015. 161 с. *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технологію виробництва олії соняшnikової капсульованої з використанням способу екструзії в середовищі олії дезодорованої.*

3. Неклеса О. П., Пивоваров Є. П., Нагорний О. Ю. Технологія соусів томатних капсульованих: монографія. Х.: ХДУХТ, 2015. 120 с. *Внесок здобувача: досліджено спосіб капсулювання складних систем на основі альгінату натрію та інших іонотропних полісахаридів.*

4. Neklesa O., Korotayeva Y., Stepankova G. Technology of manufacture of innovative fat-and-oil products of increased nutritional value: монографія. Kh.: HDUHT, 2016. 91 p. *Внесок здобувача: обґрунтовано перспективи розвитку напряму капсулювання гідрофобних речовин у харчовій та медичній індустріях.*

5. Неклеса О. П., Коваленко А. А., Михайлов В. М., Пивоваров П. П. Технологічні аспекти створення продукції з емульсійною структурою на основі стабілізаційних систем з використанням іонотропних полісахаридів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків: ХДУХТ, 2010. Вип. 2 (12). С. 107–114. *Внесок здобувача: досліджено точку інверсії емульсій від концентрації гідроколоїдів.*

6. Неклеса О. П., Нечепуренко К. Б., Пивоваров П. П. Дослідження стійкості термостабільних твердих емульсій // Сучасні напрямки технології та механізації переробних і харчових виробництв. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Х.: ХНТУСГ, 2012. Вип. 131. С. 261–265. *Внесок здобувача: розроблено та реалізовано методологію дослідження, доведено наукову концепцію дослідження.*

7. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П. Характеристика структурно-механічних властивостей розчинів альгінатів і рослинних сумішей для стабілізації сумісних потоків // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків: ХДУХТ, 2013. Вип. 1 (17). С. 84–89. *Внесок здобувача: досліджено в'язкість компоне-*

нтів двокомпонентної системи «водний розчин альгінату натрію – олія соняшникова», розроблено модель утворення капсули з внутрішнім жировим умістом.

8. Неклеса О. П., Мороз О. В., Пивоваров П. П., Плотнікова Р. В., Пивоваров Є. П. Дослідження взаємодії іонотропних полісахаридів у складі драгледоподібних продуктів // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. № 6/11 (66). С. 24–27. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** Внесок здобувача: досліджено інфрачервоні спектри поглинання термотропно-іонотропними гелевими системами.

9. Неклеса О. П., Нагорний О. Ю., Пивоваров Є. П. Вплив ультразвукової модифікації на реологічні характеристики розчинів полісахаридів в технології капсульованої продукції // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. № 5/10 (65). С. 26–29. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** Внесок здобувача: досліджено в'язкість розчинів полімерів за умов їх фізичної модифікації.

10. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П. Перспективи використання капсульованої жирової продукції в технологічних процесах // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць / Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. Донецьк: ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2014. Вип. 32. С. 59–65. Внесок здобувача: сформульовано основні напрями та перспективи використання капсульованої продукції з внутрішнім жировим умістом.

11. Неклеса О. П., Нагорний О. Ю., Пивоваров Є. П. Закономірності одержання соусів томатних капсульованих залежно від технологічних властивостей системи // Продовольча індустрія АПК України. Київ, 2014. № 1. С. 33–37. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** Внесок здобувача: досліджено вплив УЗ-хвиль на властивості сумішей для структуроутворення на основі альгінату натрію.

12. Неклеса О. П., Пивоваров Є. П., Кондратюк Н. В., Гринченко О. О. Технологія одержання капсульних форм пробіотичних мікроорганізмів / Мікробіологічний журнал // Інститут вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Київ, 2014. № 69. С. 35–40. Внесок здобувача: досліджено вплив технологічних чинників на показники якості та безпечності капсул з внутрішнім умістом пробіотичних мікроорганізмів.

13. Neklesa O., Korotayeva E., Pyvovarov P., Troshchy T. Technological levers control the properties of two-layer environment, the formation of thermostable capsules with the fat content // Ukrainian Food Journal. 2014. Vol. 3, Iss. 4. Pp. 566–576. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** Внесок здобувача: досліджено технологічні чинники та параметри впливу на властивості двошарового прийомного середовища для формування термостабільних капсул з внутрішнім жировим умістом.

14. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Гринченко О. О., Пивоваров П. П. Дослідження функціонально-технологічних властивостей капсульованих рослинних олій // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2015. № 6/10 (78). С. 45–49. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** Внесок здобувача: досліджено функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості оболонок капсул із внутрішнім жировим умістом.

15. Neklesa O., Korotayeva E., Nagorniy A. Foundation of technology for obtaining encapsulated oils and prescription development of shells on their basis // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2016. № 6/11 (84). С. 9–16. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та ін.).** *Внесок здобувача: здійснено аналітичне дослідження та математичні розрахунки тривалості утворення термостабільної капсули з внутрішнім жировим умістом у середовищі олії дезодорованої.*

16. Neklesa O., Korotayeva E., Nagorniy A. The study of influence of technological factors of encapsulated oils and their shell production using sodium alginate // Eureka: Life sciences. 2016. No. 6(6). Pp. 11–16. **Стаття у виданні Естонської Республіки, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: досліджено вплив технологічних чинників та концентрацій рецептурних компонентів на процес утворення капсул із внутрішнім жировим умістом.*

17. Неклеса О. П., Яранцева Є. О., Пивоваров П. П., Вовк В. С., Костигов К.В. Прогнозування вологоутримуючої здатності харчових систем на основі альгінат натрію та полісахаридів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць ХДУХТ. Х.: ХДУХТ, 2017. Вип. 2(26). С. 64–76. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: досліджено вплив пектину, агару та гліцерину на структурно-механічні показники гелів альгінату кальцію.*

18. Неклеса О. П., Пивоваров Є. П., Степанькова Г. В. та ін. Наукові основи технологій харчової продукції лікувально-профілактичного призначення, одержаної шляхом акумуляції функціональних інгредієнтів // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. Т. 23. № 5(2). С. 131–141. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технології виробництва ліпідів харчової сировини капсульованих із використанням жиророзчинних функціональних інгредієнтів.*

19. Neklesa O., Potapov V., Pyvovarov P. Analysis of kinetic pattern in the formation and separation of a drop in fluid in the form of capsule // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2017. № 2/10 (86). С. 32–40. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та ін.).** *Внесок здобувача: досліджено кінетику процесу капсулоутворення, розраховано час утворення капсули за умов використання різнополярних речовин.*

20. Neklesa O., Potapov V., Pyvovarov P. Investigation of the kinetic model for the process of the liquid drops formation in the form of capsule // Eureka: Life sciences. 2017. No. 2(8). Pp. 3–14. **Стаття у виданні Естонської Республіки, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: змодельовано етапи утворення термостабільної капсули, встановлено збурюючі фактори впливу на процес капсулоутворення.*

21. Neklesa O., Yarantseva Y., Pyvovarov E., Grinchenko O. Analytical study of the model of capsule formation of the system «food lipids – calcium alginate» // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2017. № 6/11 (90). С. 35–41. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та ін.).** *Внесок здобувача: аналітично досліджено процес утворення*

термостабільної системи «ліпіди харчової сировини – гель альгінату кальцію», визначено перспективи розвитку капсулювання у сфері харчової індустрії.

22. Neklesa O., Yarantseva Y., Ryvovarov E., Grinchenko O. Study of constructive provision of the capsule formation process of the «oil and fat raw materials – ionotropic shell-maker» system // Eureka: Life sciences. 2017. No. 6(13). Pp. 42–47. **Стаття у виданні Естонської Республіки, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: описано принцип дії голівки екструдера для капсулювання складних рідин у середовищі повітря.*

23. Неклеса О. П., Пивоваров Е. П., Городничая А. В. Теоретические аспекты изучения полимеризационных процессов при формировании полисахаридных гидрогелей с аминокислотами // Нові рішення в сучасних технологіях / Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ», 2017. № 53 (1274). С. 60–64. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: вивчено фізико-хімічні характеристики гелевих плівкоутворюючих систем на основі альгінату натрію за умов використання пектинів.*

24. Neklesa O., Yarantseva Y., Kotlyar O., Ryvovarov P., Grinchenko O. A study of the effect of thermotropic polysaccharides of the properties of the alginate-calcium shell of an encapsulated fatty semifinished food product // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2018. № 2/11 (92). С. 29–38. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та ін.).** *Внесок здобувача: досліджено структурно-механічні властивості термотропних полісахаридів, визначено параметри технологічного процесу під час формування капсули з модифікованою оболонкою.*

25. Neklesa O. Study of the permeability degree of the alginate-calcium tunic of capsule under condition of the use mixed ionotropic thermotropic gelation // Eureka: Life sciences. 2018. No. 2(14). Pp. 34–40. **Стаття у виданні Естонської Республіки, що включене до міжнародних наукометричних баз даних.**

26. Спосіб одержання харчового гранульованого продукту: пат. на винахід 103277 Україна, МПК А 23 L 1/05 (2006.01), А 23 Р 1/02 (2006.01) / Неклеса О. П., Мороз О. В., Нагорний О. Ю., Пивоваров Є. П.; № а201209081; заявл. 23.07.2012; опубл. 25.09.2013, Бюл. № 18. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено заявку та основний зміст винаходу.*

27. Спосіб одержання пластичної кондитерської кремово-збивної маси: пат. на винахід 106859 Україна, МПК А 23 G 3/52 (2006.01), А 21 D 13/08 (2006/01) / Неклеса О. П., Горальчук А. Б., Омельченко С. Б., Гринченко О. О.; № а201314677; заявл. 16.12.2013; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, здійснено аналіз результатів, складено основний зміст винаходу.*

28. Способ получения твердой эмульсии и твердая эмульсия: пат. на винахід Російської Федерації 2545043 Росія, МПК А 23 D 9/00 (2006.01) // Неклеса О. П., Нечепуренко К. Б., Пивоваров П. П.; № 20123156167/13; заявл. 16.12.2013; опубл. 27.03.2015, Бюл. № 13. *Внесок здобувача: здійснено аналіз і систематизацію результатів, підготовлено заявку та основний зміст винаходу.*

29. Спосіб одержання капсул з внутрішнім умістом на основі жирів та отримана на його основі капсула: пат. на винахід 108807 Україна, МПК А 61 К 9/48, А 23 Р 1/04 / Неклеса О. П., Коротасєва Є. О., Пивоваров П. П.; № а201400713; заявл.

25.01.2014; опубл. 10.06.2015. Бюл. № 11. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, аналіз результатів, підготовлено заявку та основний зміст корисної моделі.*

30. Здоба до тіста, спосіб одержання тіста та отриманий з нього виріб: пат. на винахід 114736 Україна, МПК А 21 D 8/02, А 21 D 2/08, А 23 Р 10/30 / Неклеса О. П.; № а201505340; заявл. 02.06.2015; опубл. 25.07.2017, Бюл. № 14.

31. Тісто, здоба та виріб з нього: пат. на винахід 114737 Україна, МПК А 21 D 8/02, А 21 D 2/08, А 23 Р 10/30 / Неклеса О. П.; № а201505351; заявл. 02.06.2015; опубл. 25.07.2017, Бюл. № 23.

32. Капсуляторная головка и устройство для получения капсул: пат. на изобретение в рамках Всемирной Организации Интеллектуальной Собственности в соответствии с договором о Патентной кооперации (РСТ) № WO 2017/105378 А1 от 22.06.2017, № 10 А23Р 1/04 (2006.01) А 61J 3/07 (2006.01) / Неклеса О. П., Нагорный А. Ю., Пивоваров П. П.; заявл. та опубл. РСТ/UA2016/000146 от 15.12.2016 г. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, здійснено аналіз результатів, підготовлено заявку та основний зміст винаходу.*

33. Дрессинг, способ его получения и липидная составляющая к нему: пат. на изобретение в рамках Всемирной Организации Интеллектуальной Собственности в соответствии с договором о Патентной кооперации (РСТ) № WO 2018/125022 А1 от 05.07.2018, № А23L 27/60 (2016.01) / Неклеса О. П., Пивоваров П. П.; заявл. та опубл. РСТ/UA2017/000129 от 27.12.2017 г. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати досліджень, підготовлено заявку та основний зміст винаходу.*

34. Спосіб одержання капсул з внутрішнім умістом на основі жирів: пат. на корисну модель 90875 Україна, МПК А 23 Р 1/00 / Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П.; заявл. 25.01.2014; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, здійснено аналіз результатів, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

35. Здоба із дріжджового тіста: пат. на корисну модель 103249 Україна, МПК (2015.01) А 21 D 8/00, А 23 Р 1/10 (2006.01) / Неклеса О.П.; № u201505339; заявл. 02.06.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23.

36. Дріжджове тісто: пат. на корисну модель 103252 Україна, МПК (2015.01) А 21 D 8/00, А 23 Р 1/00 / Неклеса О. П.; № u201505350; заявл. 02.06.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23.

37. Спосіб одержання дріжджового тіста: пат. на корисну модель 103253 Україна, МПК (2015.01) А 21 D 8/00, С 12 N 1/18, А 23 Р 1/00, А 23 L 1/0532 (2006.01) / Неклеса О. П.; № u201505355; заявл. 02.06.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23.

38. Капсуляторна головка для одержання капсул: пат. на корисну модель 106622 Україна, МПК (2016.01) В01J 13/00, В01J 13/02 (2006.01) / Неклеса О. П., Пивоваров П. П.; № u201512371; заявл. 14.12.2015; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8. *Внесок здобувача: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями та їх узагальнення, підготовку матеріалів до друку.*

39. Ліпідна складова дрессингу: пат. на корисну модель 117002 Україна, МПК (2017.01) А23L 27/00, А23L 29/00 / Пивоваров П. П., Неклеса О. П.; № u201613637; заявл. 30.12.2016; опубл. 12.06.2017, Бюл. №11. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, підготовлено заявку на винахід.*

40. Спосіб одержання начинок для борошняних кондитерських та кулінарних виробів: пат. на корисну модель 117737 Україна, МПК А 23 L 21/10 (2016.01), А 23 G 3/34 (2016.01) / Неклеса О. П., Вовк В. С., Пивоваров Є. П.; № u201613507; заявл. 28.12.2016; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13. *Внесок здобувача: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями та їх узагальнення, підготовку матеріалів до друку.*

41. Дріжджове тісто: пат. на корисну модель 117738 Україна, МПК (2017.01) А 21 D 8/00, А 21 D 13/00 / Неклеса О. П., Пивоваров Є. П., Нагорний О. Ю.; № u201613511; заявл. 28.12.2016; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

42. Дріжджовий виріб: пат. на корисну модель 118969 Україна, МПК (2017.01) А 21 D 8/00, А 21 D 2/00 / Неклеса О. П., Пивоваров Є. П., Коротаєва Є. О.; № u201613509; заявл. 28.12.2016; опубл. 11.09.2017, Бюл. № 17. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

43. Дресинг: пат. на корисну модель 117747 Україна, МПК А23L 27/60 (2016.01) / Пивоваров П. П., Неклеса О. П.; № u201613509; заявл. 30.12.2016; опубл. 10.07.2017, Бюл. №13. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати дослідження, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

44. Неклеса О. П., Коротаєва Е. А., Пивоваров П. П. Новые полуфабрикаты капсулированных растительных жиров на основе ионотропных полисахаридов // Наука о питании: технологии, оборудование и безопасность пищевых продуктов: сб. матеріалів междунар. науч.-практ. конф. / Саратовский гос. аграрн. ун-т им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2013. С. 92–93. *Внесок здобувача: аналітично визначено технологічні та маркетингові переваги нових напівфабрикатів капсульованих із внутрішнім жировим умістом.*

45. Неклеса О. П., Мороз О. В., Пивоваров П. П. Исследование взаимодействия полисахаридов ионотропной и термотропной природы в составе продуктов с гелеобразной структурой // Наука о питании: технологии, оборудование и безопасность пищевых продуктов: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. / Саратовский гос. аграрн. ун-т им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2013. С. 122–125. *Внесок здобувача: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями та їх узагальнення, підготовку матеріалів до друку.*

46. Неклеса О. П., Гринченко О. О., Янчева М. О., Гринченко Н. Г. та ін. Актуальні проблеми використання мікроінгредієнтів в технології харчової продукції // Химия, био- и нанотехнологии, экология и экономика в пищевой и косметической промышленности: сб. материалов 1-й междунар. науч.-практ. конф. 10-13 июня 2013 г. Щелкино, 2013. С. 256–261. *Внесок здобувача: сформульовано основні тенденції розвитку сегмента структуроутворюючих харчових інгредієнтів в Україні.*

47. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О. Дослідження фізичних процесів стабілізації двошарового формуючого середовища // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. 19 листопада 2013 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2013. Ч. 1. С. 89–90. *Внесок здобувача: визначено густину, щільність водно-спиртового розчину двошарового прийомного середовища з метою його стабілізації.*

48. Неклеса О. П., Пивоваров П. П., Шевцов А. В. Теоретичні аспекти використання жирових сумішей у технології капсулювання // Інноваційні технології розвитку

у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: сб. матеріалів всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 26 березня 2014 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2014. С. 51. *Внесок здобувача: визначено перспективи використання інтактних жирів у технологіях кулінарної продукції.*

49. Неклеса О. П., Мороз О. В., Міронов О. Ю. Сучасні тенденції у виробництві капсульованої продукції // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі, проблеми, перспективи, ефективність: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 22 травня 2014 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2014. Ч. 1. 343 с. *Внесок здобувача: сформульовано основні вектори розвитку науково-практичного напрямку капсулювання.*

50. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П. Технологічні аспекти процесу коаксіального капсулювання у двошарове приймальне середовище // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі, проблеми, перспективи, ефективність: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 22 травня 2014 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2014. Ч. 1. С. 368. *Внесок здобувача: розроблено рецептурний склад двошарового приймального середовища.*

51. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П. Жири нового покоління для кулінарної продукції // Проблеми формування здорового способу життя у молоді: сб. матеріалів VII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студ. з міжнар. участю, 4–5 листопада 2014 р. Одеса: ОНАХТ, 2014. С. 146–147. *Внесок здобувача: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями та їх узагальнення, підготовку матеріалів до друку.*

52. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П. Розширення асортименту кулінарних страв шляхом використання капсульованих рослинних олій // Інноваційна технологія в харчовій промисловості та ресторанному господарстві: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 12-14 листопада 2014 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2014. С. 69–70. *Внесок здобувача: сформульовано основні шляхи використання капсульованих напівфабрикатів у складі харчової та кулінарної продукції.*

53. Неклеса О. П., Пивоваров Є. П., Городнича А. В., Коротаєва Є. О. Обґрунтування технології виробництва капсульованих рослинних жирів для борошняних кондитерських виробів // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: сб. матеріалів всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 02 квітня 2015 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2015. С. 11. *Внесок здобувача: визначено перспективи використання інтактних жирів у технологіях борошняних виробів.*

54. Неклеса О. П., Пивоваров П. П., Коротаєва Є. О. Функціонально-технологічні властивості капсульованих рослинних олій // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі, проблеми, перспективи, ефективність: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 14 травня 2015 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2015. Ч. 1. С. 341. *Внесок здобувача: визначено функціонально-технологічні властивості капсульованої продукції з внутрішнім жировим умістом, обґрунтовано її роль у технологіях кулінарної продукції та борошняних виробів.*

55. Neklesa O., Nagornyi A., Pyvovarov P., Korotayeva E., J. M. Olmo Peinado, M. A. Willarrubia. Technology capsulated vegetable oils and its usage in technological processes // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 8–11 вересня 2015 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2015. С. 23–24. *Внесок здобувача: визначено шляхи застосування напівфабрикатів жирювих капсульованих у технологіях кулінарної та харчової продукції.*

56. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Технологія напівфабрикатів капсульованих рослинних олій для виробництва борошняних кондитерських виробів // Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 9 вересня 2015 р. / Нац. ун-т харч. технол. К.: НУХТ, 2015. С. 38–43. *Внесок здобувача: визначено фізіологічні та технологічні властивості напівфабрикату з внутрішнім жирювим умістом для виробництва борошняних кондитерських виробів.*

57. Неклеса О. П., Нагорний О. Ю., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П. Дослідження технологічного процесу виробництва капсульованих рослинних олій // Химия, био- и нанотехнологии, экология и экономика в пищевой и косметической промышленности: сб. матеріалів III Междунар. науч.-практ. конф., 15–16 октября 2015 г. Щелкино, 2015. С. 167–169. *Внесок здобувача: визначено параметри стабілізації властивостей двошарового прийомного середовища технології капсульованих рослинних олій.*

58. Неклеса О.П., Коротаєва Є. О., Городнича А. В. Вдосконалено технології кондитерських виробів шляхом введення напівфабрикату капсульованого рослинного твердого жиру // Химия, био- и нанотехнологии, экология и экономика в пищевой и косметической промышленности: сб. материалов 3-й междунар. науч.-практ. конф., 15–16 октября 2015 г. Щелкино, 2015. С. 256–260. *Внесок здобувача: досліджено впливу твердого жиру капсульованого на процес формування тіста.*

59. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П. Виробництво капсульованих рослинних олій як продукту лікувально-профілактичної дії // Проблеми формування здорового способу життя у молоді: сб. матеріалів VIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студ. з міжнар. участю, 10–11 листопада 2015 р. Одеса: ОНАХТ, 2015. С. 174–175. *Внесок здобувача: установлено перспективи збагачення капсульованої продукції з внутрішнім жирювим умістом функціональними речовинами для забезпечення гомеостазу.*

60. Неклеса О. П., Парфілова М. М., Степанькова Г. В. Прискорена технологія хлібобулочних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: сб. матеріалів всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 07 квітня 2016 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2016. С. 70. *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технологію капсульованої здоби з використанням харчових волокон у складі оболонки капсул.*

61. Неклеса О. П., Гринченко О. О., Пивоваров П. П., Коротаєва Є. О. Технологічні передумови виробництва олій, жирів та їх сумішей капсульованих // Проблеми формування здорового способу життя у молоді: сб. матеріалів VIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студ. з міжнар. участю, 09 листопада 2016 р. Оде-

са: ОНАХТ, 2016. С. *Внесок здобувача: сформульовано основні концепції розвитку капсулювання олій, жирів та їх сумішей.*

62. Неклеса О. П., Пивоваров Є. П., Тютюкова Д. О., Коротаєва Є.О. Наукові основи технологій харчової продукції лікувально-профілактичного призначення, одержаної шляхом акумуляції функціональних інгредієнтів // Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 7–8 листопада 2017 р. / НУХТ. К.: НУХТ, 2017. С. 136–137. *Внесок здобувача: обґрунтовано технологію виробництва олії соняшникової капсульованої з використанням харчових волокон у оболонці капсули.*

63. Неклеса О. П., Вовк В. С., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П. Перспективи використання капсульованих наповнювачів у складі начинок для кондитерських виробів // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: сб. матеріалів всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 6 квітня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2017. С. 8. *Внесок здобувача: розроблено технологію начинок капсульованих для борошняних кондитерських виробів.*

64. Неклеса О. П., Костигов К. В., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П. Перспективи використання наповнювачів у капсульованій формі в технологіях кулінарної продукції закладів ресторанного господарства // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 6 квітня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2017. С. 24–25. *Внесок здобувача: розроблено технології кулінарної продукції з використанням капсульованих систем.*

65. Неклеса О. П., Гринченко О. О., Пивоваров П. П. Обґрунтування технології капсулювання оліє-жирової сировини для харчової продукції // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі, проблеми, перспективи, ефективність: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 18 травня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 16–20. *Внесок здобувача: обґрунтовано параметри виробництва оліє-жирової продукції капсульованої.*

66. Неклеса О. П., Коротаєва Є. О., Пивоваров П. П., Вовк В. С. Перспективи використання альгінату натрію в технологіях напівфабрикатів для борошняних кондитерських виробів // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі, проблеми, перспективи, ефективність: сб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 18 травня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х.: ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 33–34. *Внесок здобувача: обґрунтовано рецептурний склад та параметри одержання термостійких гелів для режимів підвищених температур обробки.*

67. Неклеса О. П., Коротаєва Е.А., Костигов К. В. Технологические принципы получения масложировой продукции в капсулированном виде // Ecology and environmental in the optimizing system of relations between nature and society: materials of IV Intern. scient.-pract. confer., 27–28 April 2017. Ternopil: Krok, 2017. Pp. 309. *Внесок здобувача: обґрунтовано фактори впливу на технологічний процес виробництва капсул.*

68. Неклеса О. П., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. та ін. Организм человека и питание. Нутриенты пищевых продуктов: энциклопедия питания / Под ред. Черевко О. И. Х.: Мир книг, 2013. Т. 1–2. 351 с. *Внесок здобувача: розроблено та складено розділ із визначення фізіологічного значення ліпідів у харчуванні людини.*

69. Неклеса О. П., Гринченко О. О., Горальчук А. Б. и др. Пищевые добавки: энциклопедия питания / под ред. Черевко О. И. Х.: Мир книг, 2016. Т. 4. 643 с. *Внесок здобувача: розроблено та складено розділ про харчові добавки, які формують смак та аромат харчової продукції.*

АННОТАЦІЯ

Тищенко О.П. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів оліе-жирових капсульованих для кулінарної та кондитерської продукції. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – технологія харчової продукції. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2018.

У дисертаційній роботі науково обґрунтовано та практично реалізовано інноваційні технології, обладнання та процеси капсулювання ліпідів харчової сировини, що дозволило створити новий науково-практичний напрям з їх використання в технологіях харчової продукції та розвинути теоретичні положення про структуроутворення полікомпонентних систем із використанням іонотропних полісахаридів у капсули з внутрішнім гідрофобним умістом. Розроблено та перевірено на адекватність теоретичні моделі, визначено закономірності та досліджено кінетику процесів капсулоутворення, обґрунтовано технологічні параметри утворення капсул «ліпіди харчової сировини – оболонкоутворювач» за вертикальної коаксіальної екструзії в середовищі повітря за самочинного розпаду та в середовищі олії дезодорованої за примусового керованого розпаду. Науково обґрунтовано та розроблено технології капсульованих олій соняшникової, оливкової, олій вітамінізованих, жирів тугоплавких, параметри технологічних процесів і технологій харчової продукції з використанням ліпідів харчової сировини – дресінгів, оливки структурованої, борошняних, кондитерський виробів, кулінарної продукції тощо.

Одержано комплекс даних про якість та безпеку нової продукції. Розроблено та апробовано спеціалізоване обладнання та промислові лінії з виробництва ліпідів харчової сировини капсульованих.

Розроблено та затверджено нормативну та технологічну документацію, впроваджено серійне виробництво нової продукції на харчових підприємствах України та за кордоном, проаналізовано соціально-економічний ефект від упровадження

Ключові слова: капсула, жировий уміст, альгінат натрію, вертикальна співвісна екструзія, двошарове прийомне середовище, капсулоутворення, структуроутворення, напівфабрикати оліе-жирові, ліпіди харчової сировини капсульовані.

АННОТАЦІЯ

Тищенко О.П. Научное обоснование технологий полуфабрикатов масло-жировых капсулированных для кулинарной и кондитерской продукции. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 05.18.16 – технология пищевой продукции. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2018.

В диссертационной работе обоснованы и практически реализованы инновационные технологии, оборудование и процессы капсулирования липидов пищевого сырья, что позволило создать новое научно-практическое направление их использования в технологиях пищевой продукции и развить теоретические положения о структурообразовании поликомпонентных систем с использованием ионотропных полисахаридов в капсулы с внутренним гидрофобным содержанием. Разработаны и проверены на адекватность теоретические модели, определены закономерности и исследована кинетика процессов капсулообразования, обоснованы технологические параметры образования капсул «липиды пищевого сырья – оболочкообразователь» при вертикальной коаксиальной экструзии в среде воздуха при самопроизвольном распаде и в среде масла дезодорированного при принудительном контролируемом распаде.

Научно обоснованы и разработаны технологии капсулированных масел подсолнечного, оливкового, масел витаминизированных, жиров тугоплавких, параметры технологических процессов и технологий пищевой продукции с использованием липидов пищевого сырья – дрессингов, оливки структурированной, мучных, кондитерских изделий, кулинарной продукции. Получен комплекс новых данных о качестве и безопасности новой продукции. Разработано и апробировано специализированное оборудование и промышленные линии по изготовлению липидов пищевого сырья капсулированных.

Разработана и утверждена нормативная и технологическая документация, внедрен серийный выпуск новой продукции на пищевых предприятиях Украины и за рубежом, проанализирован социально-экономический эффект от внедрения.

Ключевые слова: капсула, жировое содержимое, альгинат натрия, вертикальная соосная экструзия, двухслойная приемная среда, капсулообразование, структурообразование, полуфабрикаты масло-жировые, липиды пищевого сырья капсулированные.

ANNOTATION

Tishchenko O.P. Scientific substantiation of the technology of oil and fat encapsulated semi-finished products for culinary and confectionery products. – Manuscript.

Thesis for the receiving a degree Doctor of Engineering Science on specialty 05.18.16 – Food Products Technology. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2018.

Innovative technologies, equipment and lipid encapsulation processes of food raw materials are reasonably and practically implemented in the thesis work, which allow to create a new scientific and practical direction for their use in food technology and develop theoretical concepts about the structure of polycomponent systems using ionotropic polysaccharides in capsules with internal hydrophobic content.

For the first time, theoretical models of «encapsulation of lipid of food raw materials – shell former» capsule formation for vertical coaxial extrusion in air with uncontrolled decay and oil deodorized for forced controlled decay are developed and tested for adequacy, become the basis for substantiating the parameters of the technological process for producing encapsulated lipid of food raw materials. Theoretical provisions are developed for the preparation of structured food hydrophobic products using ionotropic polysaccharides as

shell former. For the first time, the relationship of physical and organoleptic characteristics of lipid of food raw materials with the technological principles of formation and characteristics of the receiving environment, the technological principles encapsulated lipid of food raw materials of formation in an air and deodorized oil environment, the parameters of technological processes, composition, concentration of gelling agents that provide encapsulated lipid of food raw materials with predictable nutritional value and technological properties.

It is proved that coaxial component vertical extrusion according to the principle «pipe (internal fat content) in a pipe (shell former)» provides for the formation of capsules in a quasi-stable state, and replacing the receiving medium «air» with «oil» allows controllably changing the dimensional characteristics and performance of devices to obtain encapsulated lipid of food raw materials.

The technology of capsulated sunflower oil, olive oil, fortified oils, refractory fats is scientifically substantiated and developed; parameters of technological processes and technologies of food products using lipids of food raw materials – dressing, structured olive, flour, confectionery, culinary products and the like.

Technologies of the new product «Olive oil encapsulated in balsamic vinegar» are developed and implemented for salads and cold dishes with extended storage periods, «Encapsulated dressings» sauce (PCT patent No. WO 2018/125022, patents No. 117747, No. 117002) in a wide range and reasonably the regularities of changes in the main indicators of quality and safety, which are marked as high and steel within 180 days of storage at $t = 8 \dots 20^{\circ}\text{C}$. Comprehensive indicators of quality and safety are reflected in TU U 10.4-38128375-009:2018 «Oils, fats and mixtures of fat encapsulated in oilseeds and acetic environments», TU U 10.4-38128375-010:2018 «Encapsulated dressings» and technological instructions for their production.

The technology «Structured Olive Stuffed with Encapsulated Olive Oil» is substantiated and developed. The implemented approach is characterized by an effective resource-saving effect: vegetable raw materials are crushed into puree, on the basis of which a prescription mixture is prepared, which consists of encapsulated lipid of food raw materials with desired organoleptic properties, after which the mixture is structured. The indicators of quality and safety of structured olives, which are reflected in TU U 10.4-38128375-005:2018 «Semi-finished products structured on the basis of canned olive raw materials», are comprehensively studied. The generalization of the research results allows processing other types of plant raw materials according to this scheme.

The development of the production technology of flour confectionery products using encapsulated lipid of food raw materials is substantiated. The intactness of the fats in the composition of the capsules in the structure of the dough has key advantages: fats do not affect the structure of the dough during this time; fats do not affect the technological activity of the prescription components of the test, they are not able to inhibit them, activate them in the process stream, including during fermentation, which is important for yeast and sponge dough (patents No. 114736, No. 117738, No. 103249, No. 03252, No. 103253).

The scientific hypothesis of encapsulated lipid of food raw materials inactivity in the yeast dough technology is experimentally confirmed (patent № 114737). Recipes of flour confectionery using encapsulated lipid of food raw materials given in the technological instructions with TU U 10.4-38128375-003:2014 «Oils, fats and mixtures of encapsulated fats».

Specialized equipment and industrial lines for the encapsulated lipid of food raw materials production are developed, designed and tested, which made it possible to obtain encapsulated products from various viscosity hydrophobic substances, to obtain capsules with a diameter of $(4,3...12,0) \times 10^{-3}$ m and different in properties shell. The hardware design and industrial production line for encapsulated lipid of food raw materials has the status of «innovative» developments, confirmed by obtaining a patent for the invention of the World Intellectual Property under the Patent Cooperation Treaty (PCT) No. WO 2017/105378 A1 «Capsule Head and Device for Capsules», a patent for useful Model of Ukraine No. 106622 «Capsule head for receiving capsules». A set of new data characterizing organoleptic, physical, physico-chemical, microbiological and toxicological indicators, nutritional value of a new product is obtained, the conditions and periods of storage are scientifically grounded.

The developed technologies of encapsulated lipid of food raw materials and food products with their use are introduced in the institutions of the restaurant industry and the food industry in Ukraine, Spain, the USA, the social and economic efficiency of new developments in the domestic and foreign markets is proved, the social effect in the form of providing new workplaces of the manufacturing company is determined.

Keywords: capsule, fat content, sodium alginate, vertical coaxial extrusion, two-layer receiving medium, capsule formation, structure formation, oil-fat semi-finished products, encapsulated lipids of food raw materials.

Автор висловлює подяку д.т.н., проф. П. П. Пивоварову, д.т.н., проф. В. О. Потапову за наукові консультації та методичну допомогу, що були надані під час виконання дисертаційної роботи, к.т.н., доц. О. Ю. Нагорному, к.т.н., доц. Є. О. Яранцевій за співпрацю та взаємодію під час упровадження результатів дослідження

Підписано до друку 16.11.2018 р. Формат 60×90/16. Папір офсет. Друк офсет.
Умов. друк. арк. 1,4. Тираж 130 прим. **Замовл. №2305181**

Надруковано у типографії «Impress», ФО-П Болибок О.В.,
м. Харків, вул. Пушкінська, 56.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи **ВО 4 № 022953**