

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

ЦИХАНОВСЬКА ІРИНА ВАСИЛІВНА



УДК 001.891:577.1-022.532 (043.5)

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ПОЛІФАЗНОЮ СТРУКТУРОЮ
З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДІВ ЗАЛІЗА**

Спеціальність 05.18.16 – технологія харчової продукції

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Євлаш Вікторія Владленівна,
Харківський державний університет харчування та торгівлі, завідувач кафедри хімії, мікробіології та гігієни харчування.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Дорохович Вікторія Віталіївна,
Національний університет харчових технологій, професор кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів;

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
Тележенко Любов Миколаївна,
Одеська національна академія харчових технологій, завідувач кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування.

Захист відбудеться «10» грудня 2019 року 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 «7» листопада 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.М. Онищенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ринкові відносини, дефіцит вітчизняної сировини, значна частка імпортованих інгредієнтів із високою вартістю вимагають від виробників харчових продуктів інноваційних технологічних рішень, розроблення ресурсозберігаючих технологій, упровадження широкого асортименту конкурентоспроможної продукції з високими споживними властивостями та показниками безпечності.

Пріоритетним завданням для харчової промисловості сьогодні є створення харчових продуктів, властивості яких забезпечуються обґрунтованим вмістом та співвідношенням компонентів мінерального, тваринного і рослинного походження з використанням новітніх принципів харчової комбінаторики. Сучасні харчові продукти зазвичай мають полікомпонентний склад, є нестійкими гетерогенними системами. За цих умов складно виробнику гарантувати сталість технологічних процесів, а споживачу – одержувати якісну продукцію.

У зв'язку з цим виникає необхідність у дослідженні та розробці нових харчових добавок, які б дали змогу коригувати функціонально-технологічні властивості харчової сировини та продукції, зокрема водо- і жирозв'язувальну, емульгувальну, водо- і жирутримуючу, піно- і гелеутворюючу здатність, стійкість емульсій і пін, розшарування та ін. Тому велику зацікавленість виробники та науковці як країни, так і світу виявляють до наноматеріалів, використання яких сприяє отриманню якісних та безпечних харчових продуктів.

Аналіз останніх наукових розробок та публікацій свідчить, що сьогодні основними напрямками досліджень у галузі харчових нанотехнологій є такі: розробка технологій виробництва наночастинок, нанониток, нанонутрієнтів, нанотранспортних систем і нанокапсульованих харчових речовин; розробка наноструктурованих харчових добавок, наноконпозиційних матеріалів для харчових продуктів заданого складу з необхідними функціонально-технологічними властивостями; розробка наносенсорів і нанодатчиків для контролю за якістю і безпечністю їжі та нових пакувальних матеріалів із використанням нанотехнологій, що забезпечують тривале зберігання і безпечність готового продукту.

Сьогодні у світі понад 400 компаній займаються дослідженнями в галузі використання нанотехнологій у виробництві харчової продукції й пакувальних матеріалів. На світовому ринку вже доступні понад 300 nanofood-продуктів. Однак відсутність комплексного підходу до використання наноматеріалів для виготовлення широкого асортименту харчових продуктів не дозволяє впровадити їх у масове виробництво.

Значний внесок у вирішення проблеми застосування нанотехнологій і наноматеріалів у виробництві харчової продукції був зроблений такими фахівцями, як: Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, В. О. Тутельян, І. В. Гмошинський, І. М. Кобаса, В. М. Пасічний, С. А. Хотимченко, К. І. Попов, А. М. Филипов, А. В. Жердев, Д. В. Карпенко, Ю. І. Сидоренко, А. Ivask, М. R.

Mozafari, M. A. Augustin, J. F. Graveland-Bikker, N. Garti та ін. Сучасні досягнення та досвід вітчизняних і зарубіжних фахівців у галузі нанотехнологій і наноматеріалів дозволяють застосувати їх деякі результати для створення концепції щодо використання мінеральних (неорганічних) нанодобавок, зокрема подвійного оксиду дво- та тривалентного феруму, зі стабільними фізико-хімічними показниками для коригування функціонально-технологічних властивостей харчової сировини і покращення споживних властивостей харчових продуктів.

Виходячи з викладеного вище, розробка науково обґрунтованих технологій харчових продуктів із використанням харчової нанодобавки мінерального походження на основі подвійного оксиду дво- і тривалентного феруму є актуальною науково-технічною проблемою.

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

Дисертаційну роботу виконано в рамках науково-дослідної тематики кафедри харчових та хімічних технологій Української інженерно-педагогічної академії, зокрема за темами №ФН-16-08 «Одержання та дослідження біологічно-активних добавок комплексної дії на основі ліпідо-магнетофудових суспензій» (без цільового фінансування) і №11-01ДБ (0110U008507) «Створення теорії ресурсозберігаючого синтезу композиційних матеріалів на основі подвійних оксидів і розробка на її базі нових поліфункціональних матеріалів» (в межах держбюджетної НДР МОН України), а також кафедри хімії, мікробіології та гігієни харчування Харківського державного університету харчування та торгівлі за темами: №20-15-16Д (0115U004985) «Технології кондитерських виробів на фруктово-рослинній основі, збагачених залізом та йодом» та №24-15-17Д (0115U006672) «Технології дієтичних добавок із дефіцитними мікронутрієнтами та аналіз їх показників якості».

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є наукове обґрунтування та розроблення технологій харчової продукції зі поліфазною структурою з використанням функціонально-технологічного потенціалу наночастинок (НЧ) оксидів заліза, застосування яких дозволить інтенсифікувати технологічний процес виробництва, забезпечити покращення показників якості й подовжити термін зберігання готової продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати літературні джерела щодо використання нанодобавок у харчовій промисловості, зокрема наночастинок оксидів заліза; обґрунтувати і запропонувати наукову концепцію роботи;

- на підставі теоретичних досліджень науково обґрунтувати технологічні параметри виробництва харчової добавки мінерального походження та експериментально визначити параметри виробництва харчової добавки «Магнетофуд» (ХДМ);

- визначити фізико-хімічні показники, показники якості й безпечності харчової добавки «Магнетофуд»;

- установити закономірності взаємодії харчової добавки «Магнетофуд» із водою, білками, полісахаридами, жирами, вищими жирними кислотами; визначити функціонально-технологічні властивості харчової добавки

«Магнетофуд»;

- визначити поверхнево-активні властивості харчової добавки «Магнетофуд» (крайові кути змочування, поверхневий натяг, електрокінетичний ξ -потенціал); науково обґрунтувати та експериментально підтвердити жиरो- і водоутримуючу дію наночастинок ХДМ;

- обґрунтувати та експериментально підтвердити раціональний спосіб введення ХДМ у харчову продукцію емульсійного та емульсійно-суспензійного типу; розробити технології борошняних (хліб, пряники, печиво), м'ясних посічених (котлет, біфштексів з яловичини) виробів та десертів із сиру кисломолочного з використанням ХДМ; установити показники якості та безпечності готової продукції;

- дослідити та визначити функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості м'ясних фаршів та сиркового десерту;

- установити раціональний спосіб введення ХДМ у харчову продукцію піно- та гелеподібного типу; розробити технології формового желейного мармеладу, зефіру біло-рожевого, збитих ягідно-плодових десертів (мусу, самбуку) з використанням ХДМ; визначити показники якості та безпечності готових виробів;

- визначити структурно-механічні характеристики формового желейного мармеладу (на агарі й пектині) та умови його зберігання;

- визначити піноутворюючу здатність, піностійкість, структурно-механічні характеристики зефірних мас (на агарі й пектині), збитих ягідно-плодових десертів (мусу і самбуку);

- провести доклінічні випробування ХДМ в умовах *in vivo* та *in vitro* на лабораторних тваринах;

- виконати комплекс організаційно-технологічних заходів з упровадження нових виробів із використанням ХДМ у практику підприємств харчової промисловості, закладів ресторанного господарства, освітній процес закладів вищої освіти;

- комплексно оцінити ефективність упровадження розроблених технологій шляхом визначення наукового, науково-технічного, соціально-економічного ефектів дослідження.

Об'єкт дослідження – технологія харчової добавки «Магнетофуд» та технології харчової продукції (житньо-пшеничного хлібу «Харківський родничок», заварних пряників «Харківські», вівсяного печива «Козак», сиркового десерту «Слоненя», котлет «Ситні», біфштексів з яловичини «Слобожанський», формового желейного мармеладу «Ранок» на агарі та «Веселка» на пектині, біло-рожевого зефіру «Весна» на агарі та «Літо» на пектині, ягідно-плодових збитих десертів – мусу «Малинка» та самбуку «Ягідка»).

Предмети дослідження: наночастинки харчової добавки «Магнетофуд»; водяні розчини: концентратів яєчного білка, високоетерифікованого (ВЕ) пектину, агару, крохмалю, харчової добавки «Магнетофуд» (ХДМ) та їх суміші, хлоридної кислоти (НСІ), натрію олеату; жиरो-магнетофудові суспензії на основі олій та жирів: олії соняшникової, кукурудзяної і соєвої, жиру свинячого,

яловичого, кондитерського «Шортенінг» і «Віолія», саломасу; емульсії на основі соняшникової олії з ХДМ; модельні системи: «крохмаль+Магнетофуд», «житне-пшеничне борошно (60:40)+Магнетофуд»; системи, що моделюють за своїм складом збивні маси: «яєчний білок+Магнетофуд», «яєчний білок+пектин (або агар)+Магнетофуд»; мармеладні та зефірні маси з ХДМ; харчові продукти: м'ясні посічені вироби, десерти з сиру кисломолочного, хліб житньо-пшеничний, пряники заварні, печиво вівсяне, мармелад желейний формовий, зефір біло-рожевий, ягідно-плодові муси і самбуки.

Методи досліджень – теоретичні методи термодинаміки, стандартні та спеціальні методи визначення органолептичних, фізико-хімічних, функціонально-технологічних, структурно-механічних, мікробіологічних, медико-біологічних показників, експериментально-статистичні методи планування експерименту, аналізу систем та математичної обробки даних.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано та доведено наукову концепцію дослідження – включення до технології харчових продуктів із поліфазною структурою мінеральних ресурсів (зокрема оксидів заліза), як сировини для НЧ з функціонально-технологічним потенціалом, стабільними фізико-хімічними показниками і показниками безпечності дозволяє забезпечити показники якості й подовжити терміни зберігання харчової продукції. У межах реалізації наукової концепції шляхом узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень:

уперше:

– встановлено закономірності утворення комплексів «наночастинка-високомолекулярна сполука (білок, полісахарид, жир)», які відбуваються через електростатичну взаємодію та координаційний (донорно-акцепторний) зв'язок. Аналізом цих взаємодій за допомогою «клатратних» моделей виявлено потенціал наночастинок для утворення цілого ряду комплексів за типами: «кластер», «клатрат», «кавітат», «комплекс-сендвіч»; ці моделі дозволили спрогнозувати забезпечення таких властивостей наночастинок, як амфіфільність і «кластерофільність», а введення НЧ до складу харчової продукції зі поліфазною структурою – технологічну стійкість гетерогенної структури шляхом Пікеринг або стеричної стабілізації;

– доведено, що здатність наночастинок ХДМ до поляризації, електростатичної координації і прояв цих властивостей в системах, які містять білки та полісахариди (вуглеводи), обумовлює водоутримуючу здатність ХДМ, закономірності якої описані фізико-хімічною моделлю «кластерно-петельно-ланцюгового» типу; урахувавши полярність наночастинок ХДМ та дипольний характер молекул H_2O , запропоновано «кластерно-капілярну» модель, яка призначена для обґрунтування функцій ХДМ у розчинах полісахаридів (вуглеводів); розроблено та доведено модель «двошарової координації» щодо механізму жирозв'язувальної та жирутримуючої здатності ХДМ за рахунок утворення координаційних та ван-дер-ваальсових комплексів; розроблено моделі взаємодії наночастинок ХДМ з полярними та неполярними рідинами і молекулами; експериментально визначений ξ -потенціал – 34...44 мВ, що є

теоретичною підставою для ствердження структуроутворюючої та стабілізуючої здатності ХДМ у харчових системах;

– встановлено закономірності, механізми та раціональні масові частки ХДМ, які в разі введення в технологічний процес виробництва харчової продукції попередньо переводяться в полідисперсний стан у вигляді жирових та водних суспензій; визначено функціонально-технологічні властивості (ФТВ) харчових продуктів із ХДМ та встановлено кореляцію між цими властивостями та механізмами гідратації, розчинення, утворення молекулярних шарів, кластерів та клатратів, що зумовлені поверхневою активністю наночастинок ХДМ.

набули подальшого розвитку та узагальнення:

– наукові концепції та їх обґрунтування щодо включення в технологічний процес виробництва харчових продуктів НЧ мінерального походження з регульованими фізико-хімічними показниками і показниками безпеки, що забезпечує підвищення якості та подовження терміну зберігання харчової продукції;

– теоретико-методологічні основи застосування наноматеріалів, що характеризуються комплексом функціонально-технологічних властивостей, у технологіях харчових продуктів, а саме ролі наночастинок ХДМ у формуванні функціонально-технологічних властивостей харчової продукції з поліфазною структурою;

– науково-практичні основи одержання наноструктурованих харчових виробів із гетерогенною дисперсною структурою.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі реалізації наукової концепції, теоретичних та експериментальних досліджень впроваджено технології: ХДМ, хлібобулочної, кондитерської, кулінарної продукції з поліфазною структурою. Розроблено та затверджено технічні умови (ТУ У 10.8-2023017824-001:2018. Додаток харчова на основі оксидів заліза “Магнетофуд”) та технологічну інструкцію з виробництва ХДМ; технологічні карти з виготовлення кулінарної продукції з введенням ХДМ.

Отримано висновок державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів про державну реєстрацію ХДМ як харчового продукту (№602-123-20-2/25702 від 12.06.2018 р.).

Реалізація роботи. За результатами дослідження здійснено впровадження наукових результатів у виробництво підприємств харчової промисловості: ТОВ НВП «Гемо-проект» (м. Харків, акти від 31.08.2018 р., 11.09.2018 р.), ТОВ «Чарівна мозаїка» (м. Харків, акти від 29.03.2018 р., 14.03.2019 р., 17.05.2019 р.) ФО-П «Ведерников» (м. Харків, акти від 17.01.2018 р., 14.02.2018 р., 22.03.2018р., 09.04.2018 р., 19.05.2018 р., 11.06.2018 р., 24.06.2018 р.); у продовольче забезпечення Національної академії Національної гвардії України (м. Харків, акт від 26.11.2018 р.). Результати роботи впроваджено в освітній процес кафедри харчових та хімічних технологій Української інженерно-педагогічної академії (акти від 17.10.2017 р., 13.11.2018 р., 14.02.2019 р.), кафедри технічного та тилового забезпечення Національної академії Національної гвардії України (акти від 16.01.2019 р., 21.02.2019 р.,

14.03.2019 р., 03.04.2019 р., 11.04.2019 р., 15.05.2019 р., 12.06.2019 р.).

Проведено медико-біологічну апробацію ХДМ у Національному фармацевтичному університеті (м. Харків), яка підтвердила індіферентність добавки щодо гемостазу та функціонального стану печінки, нирок, серця і центральної нервової системи піддослідних тварин.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми, формулюванні наукової концепції роботи, її теоретичному та експериментальному підтвердженні, розробці та реалізації програми дослідження, аналізі та узагальненні результатів теоретичних та експериментальних досліджень, формулюванні висновків, підготовці матеріалів до публікації та складанні заявок на одержання патентів України на корисні моделі, розробці нормативної та технологічної документації, упровадженні науково-технічних розробок у виробництво та освітній процес.

У матеріалах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належать основні ідеї, наукове обґрунтування теоретичних положень, загальне керівництво та безпосереднє проведення експериментальних досліджень, аналіз та узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків.

Апробація результатів дисертаційного дослідження. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та одержали позитивну оцінку науковців і фахівців галузі на конференціях, форумах, семінарах, основними з яких є: IV, VI–VIII Всеукраїнські наукові конференції студентів та аспірантів «Хімічні Каразінські читання» (м. Харків, 2012 р., 2014–2016 рр.); I Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні проблеми харчової промисловості та ресторанного господарства. Сучасні питання підготовки кадрів» (м. Луганськ, 2012 р.); II Міжнародна науково-практична конференція «European Science and Technology» (м. Вісбаден, 2012 р.); Міжнародні науково-практичні конференції «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (м. Харків, 2012–2013 рр.); VII Міжнародна науково-методична конференція «Les problemes contemporains de la technosphere et de la formation des cadres d'ingenieurs. Recueil des exposes des participants» (м. Донецьк, 2013 р.); XIV Наукова конференція «Львівські хімічні читання» (м. Львів, 2013 р.); Всеукраїнські науково-практичні конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (м. Харків, 2015 р., 2018 р.); Міжнародні науково-практичні конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2016 р, 2017 р., 2019 р.); II Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» (м. Харків, Мелітополь, Кирилівка, 2017 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции» (м. Мінськ, 2017 р.); 23 Міжнародна науково-практична конференція «Технологии XXI века. Секция:

Прогрессивные технологии в пищевой промышленности» (м. Суми–Одеса, 2017 р.); 42 Щорічна конференція молодих вчених «Холод в біології та медицині – 2018 (м. Харків, 2018 р.); I Міжнародна науково-практична конференція «Підприємництво, торгівля: теоретичні підходи та практичні аспекти розвитку» (м. Старобільськ, 2018 р.); Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві та здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» (м. Київ, 2018 р.); Круглий стіл «Актуальні проблеми тилового забезпечення Національної гвардії України» (м. Харків, 2018 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Технології харчових продуктів і комбікормів» (м. Одеса, 2018 р.); VII Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції» (м. Київ, 2018 р.); Конференція наукових співробітників «EastWest Chemistry» (м. Львів, 2018 р.).

Розроблена продукція була представлена на міжнародних виставках «Sweets Ukraine» та «Bakery Ukraine» (м. Київ, 11–13 вересня 2018 р.) та в виставці Освітнього проекту «Ніч науки» (м. Харків, 24.09.2016 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 105 наукових праць, у тому числі 3 монографії; 42 статті, із яких 32 – у наукових фахових виданнях України (з них 28 включено до міжнародних наукометричних баз даних, у тому числі 9 – Scopus, 4 – Web of Science), 7 – у періодичних виданнях інших держав із напрямку, із якого підготовлено дисертацію; 3 – в інших виданнях (у тому числі 1 – Scopus), що безпосередньо стосуються результатів дисертації; 30 патентів України на корисну модель; 30 тез доповідей та матеріалів конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено у двох томах. Перший том складається з анотації, вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 535 найменувань, у тому числі 216 іноземних. Основний зміст дисертації викладено на 307 сторінках друкованого тексту, вона містить 80 таблиць, 113 рисунків. Другий том представлено 13 додатками.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраного напрямку дисертаційної роботи, визначено зв'язок роботи з науковими темами, сформульовано мету та завдання дослідження, концепцію, наукову новизну та практичне значення роботи, наведено відомості стосовно особистого внеску автора, апробації результатів, структури та обсягу дисертаційної роботи.

У **першому розділі** «Сучасний стан та перспективи розвитку інноваційних технологій харчової продукції з використанням наночастинок» (огляд літератури) надано характеристику нанотехнологій та наноматеріалів, у тому числі самоформовних наноструктур у складі харчової сировини, що впливають на її функціональні властивості; проаналізовано фізико-хімічні

особливості поведінки речовин у нанорозмірному стані і їх вплив на фізико-хімічні показники та функціонально-технологічні властивості наноматеріалів.

Висвітлено сучасний стан і перспективи впровадження нанотехнологій та наноматеріалів у харчовій промисловості, надано узагальнену інформацію щодо асортименту харчових добавок, у тому числі нанометрового діапазону (включно наночастинок мінерального походження, зокрема на основі металів і їх оксидів). Розглянуто основні технології виробництва НЧ, зокрема аспекти реалізації їх функціонально-технологічних потенціалів у харчових системах, крізь призму сучасних уявлень про перетворення основних складових харчової продукції із поліфазною структурою. Відзначено відсутність харчових добавок, у тому числі нанометрового масштабу, яким притаманна комплексна дія.

Визначено, що для застосування наноматеріалів, які мають комплекс фізико-хімічних показників, у технологіях харчової продукції необхідно розробити концепцію включення до технологічного процесу виробництва харчових продуктів із поліфазною структурою мінеральних ресурсів, зокрема оксидів залізу.

У **другому розділі** «Організація, предмети, матеріали та методи дослідження» наведено методологічні підходи, що покладено в основу дисертаційного дослідження, алгоритм та загальну програму проведення теоретичних та експериментальних досліджень. Надано характеристику предметів і методів дослідження, умов їх проведення. Роботу виконували в лабораторних, виробничих та клінічних умовах, використовуючи загальноприйняті органолептичні, мікробіологічні, фізичні, хімічні, біохімічні, технологічні, структурно-механічні, експериментально-статистичні та оригінальні методи досліджень.

Хімічний склад ХДМ визначали такими методами: рентгенофлуоресцентним (кристал-дифракційний скануючий аналізатор «Спектроскан»), атомно-абсорбційним (спектрофотометр «Сатурн»), спектрофотометричним (спектрофотометр КФК-2), електронно-парамагнітного резонансу (спектрометр ЕПР «JESME-3x» (JEOL)) та енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії за допомогою скануючого електронного мікроскопа «JSM-820» (JEOL) із приставкою EDX (для наночастинок ХДМ, покритих олією, яєчним білком, пектином або після дії розчину HCl). Рентгенофазовий аналіз «Магнетофуду» виконували на порошковому дифрактометрі «Siemens D500» за методикою Брегга-Брентона. Розчинність наночастинок ХДМ визначали, розраховуючи товщину приповерхневого шару, що перейшов у розчин, шляхом обчислення масових часток $\omega(\text{Fe}^{3+} \text{ і } \text{Fe}^{2+})$ у розчині. Поверхневий натяг водяних розчинів концентратів яєчного білка, високоетерифікованого (ВЕ) пектину, агару, ХДМ та їх сумішей визначали методом Дю-Нуї на тензіометрі Kruss. Електрокінетичний ξ -потенціал водних суспензій ХДМ розраховували макроелектрофорезом (методом рухомої межі) в триколонній ємності з градуювальними трубками, а їх седиментаційну та агрегативну стійкість – методом Фігуровського. Середній діаметр та кількість наночастинок у жирових суспензіях обчислювали, вимірюючи спектри

послаблення суспензій за допомогою спектрометра «Spekol 11», із подальшим визначенням розмірних характеристик за допомогою програми MathCad 2014. Реєстрацію ІЧ-спектрів зразків здійснювали в області 4000–400 cm^{-1} на ІЧ-фур'є-спектрометрі SPECTRUM ONE.

Органолептичне оцінювання якості харчової продукції здійснювали методами профільного аналізу за п'ятибальною шкалою. Дослідження мікробіологічних, токсикологічних показників, вмісту важких металів проводили за стандартними методиками.

Експериментальні дані опрацьовували методами математичної статистики та кореляційного аналізу з використанням програмного забезпечення Statistika, табличного процесора Excel XP.

Економічну ефективність від упровадження результатів визначали за діючими в галузі методиками розрахунків.

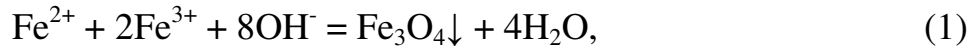
У **третьому розділі** «Теоретичне й експериментальне обґрунтування використання наночастинок мінерального походження в технологіях харчової продукції» визначено раціональні параметри та режими виробництва ХДМ із заданими фізико-хімічними показниками для формування необхідних функціонально-технологічних властивостей (ФТВ) харчової добавки «Магнетофуд».

Доведено, що ефективною технологією виробництва НЧ є технологія хімічної конденсації з ефектом солубілізації, яка дозволяє регулювати фізико-хімічні показники цільового продукту.

Установлені необхідні коригування технологічної моделі одержання НЧ Fe_3O_4 з позиції скорочення технологічного процесу та зменшення енерговитрат за одночасного виробництва продукту з необхідними фізико-хімічними показниками, високими показниками якості та безпечності.

Дисперсність і морфологія НЧ є найважливішим чинником, що формує фізико-хімічні показники НЧ та безпосередньо залежить від умов їх одержання.

Тому для обґрунтування можливості перебігу технологічного процесу одержання НЧ Fe_3O_4 з лужних розчинів із застосуванням ефекту солубілізації були розраховані термодинамічні характеристики (табл. 1) можливих реакцій (1–4):



Таблиця 1

Розрахункові термодинамічні характеристики

№ реакції	Енергія Гіббса $\Delta G^\circ_{\text{х.р.}}$, кДж/моль	Ентальпія $\Delta H^\circ_{\text{х.р.}}$, кДж/моль	Константа рівноваги K_p	Ентропія $\Delta S^\circ_{\text{х.р.}}$, Дж/(моль·К)
1	-760,1	-238,56	10^{133}	1210,48
2	-93,46	-25,31	10^{16}	226,95
3	-234,19	-106,57	10^{41}	421,12
4	-270,76	-107,24	10^{47}	462,22

Відповідно до наукової концепції виділено такі показники ХДМ, як хімічна активність за різних рН та температур, розподіл частинок за діаметром (вузька, симетрична функція розподілу), ξ -потенціал (від 34 мВ до 44 мВ), обмежена розчинність (масова частка ХДМ у розчині НСІ становить: при рН=1,5 масова частка $\omega_{\text{Fe}_3\text{O}_4}=9,3\%$; при рН=5,0 масова частка $\omega_{\text{Fe}_3\text{O}_4}=0,3\%$; у розчині NaOH – при рН=9,0 масова частка $\omega_{\text{Fe}_3\text{O}_4}=0,01\%$).

Установлено, що самовільне утворення наночастинок ХДМ в межах 70...80 нм відбувається за таких параметрів технологічного процесу: використання розчинів солей дво- та тривалентного феруму в лужному середовищі (рН=10...11) за температури $t=(50\pm 5)^\circ\text{C}$ і 1,7...1,8 кратному надлишку солі Fe (II) та 10,0...10,5 кратному надлишку луку $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$; співвідношення $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}=2:1,75$; використання $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ і $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ як сировинних компонентів. Визначено, що наночастинок ХДМ характеризується досить однорідним розподілом за діаметром, близьким до монодисперсності, та стійкістю до зовнішніх чинників (рис 1).

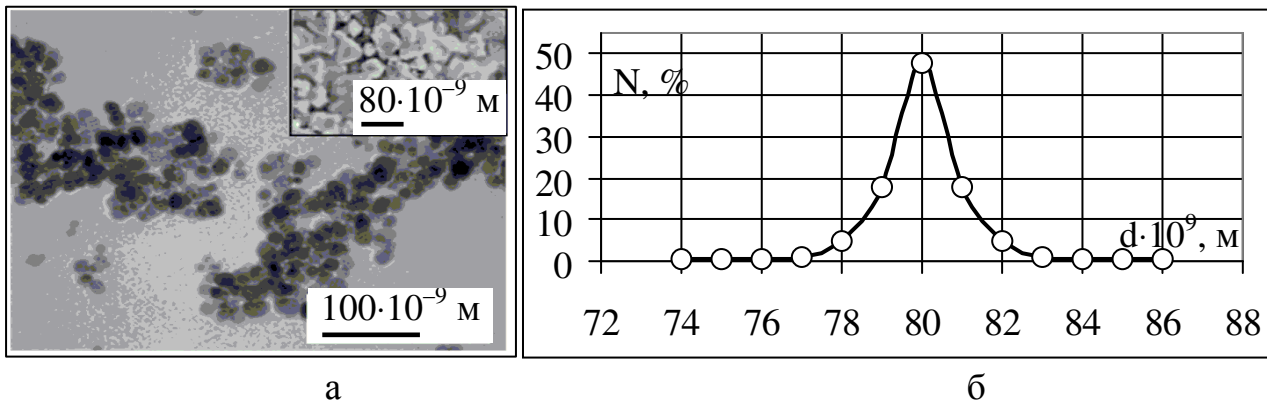


Рис. 1. Мікроструктура (а) та розподіл наночастинок N за діаметром d (б) ХДМ

Установлено, що такі технологічні прийоми та етапи виробництва ХДМ, як розчинення солей Fe(II) та Fe(III), перемішування сольових розчинів, співсадження солей феруму, витримка суспензії та дозрівання осаду, відмивання осаду, просушування порошку ХДМ, диспергування порошку ХДМ та їх умови обумовлюють фізико-хімічні показники наночастинок як харчової добавки «Магнетофуд» (ХДМ). Визначено, що залежно від гетерогенності багатокомпонентних систем ХДМ може поводити себе як функціональна добавка з високою гідратаційною здатністю з широким спектром дії в технологіях харчових виробництв, особливо під час утворення різноманітних колоїдних систем.

Доведено, що підвищення температури середовища до $(50\pm 2)^\circ\text{C}$ сприяє підвищенню гідратаційної здатності ХДМ, яка обумовлена, по-перше, нанорозмірами частинок із розвиненою активною поверхнею і значною площею взаємодії частинок ХДМ зі водною фазою; по-друге, наявністю поляризованих ділянок і структуроутворюючих катіонів феруму на поверхні, що виявляють виражені гідрофільні властивості та схильність до утворення аквакомплексів.

На основі аналізу форм зв'язку води у ХДМ після набухання (індикаторним та термогравіметричним методами) встановлено кількість зв'язаної води: фізико-хімічної 68,9...69,4%, фізико-механічної 21,5...22,3% і вільної 8,8...9,1% (рис. 2). Цей факт підтверджує водозв'язуючу здатність ХДМ.

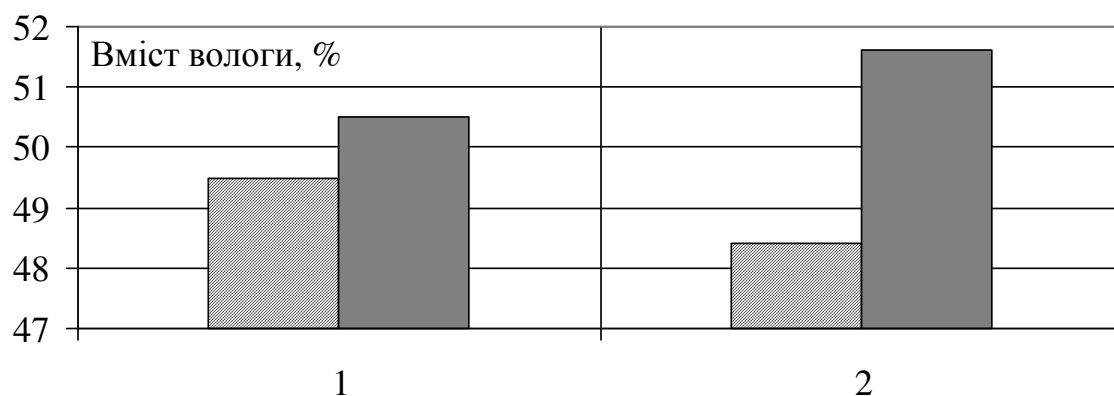


Рис. 2. Розподіл води за формами зв'язку у ХДМ після набухання, визначений методами: 1 – диференційно-термічного аналізу, 2 – індикаторним, ▨ – кількість вільної, осмотичної та фізико-механічної води, ■ – кількість зв'язаної води

Комплексне вивчення поверхнево-активних властивостей ХДМ, експериментальні дані ТГ-аналізу, ІЧ-спектроскопії та електронної мікроскопії стало підґрунтям для встановлення закономірностей і отримання водних та жирових суспензій як технологічного середовища для введення ХДМ у харчові продукти з емульсійною, емульсійно-суспензійною, піно- і гелеподібною структурою. Визначено показники якості й безпечності ХДМ (табл. 2).

Таблиця 2

Показники якості і безпечності харчової добавки «Магнетофуд» (ХДМ)

Назва показника	Характеристики
1	2
<i>Фізико-хімічні показники</i>	
Формула, молярна маса, співвідношення FeO та Fe ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄ або FeO·Fe ₂ O ₃ M = 230,8 г/моль FeO — 30,9%; Fe ₂ O ₃ — 69,1%
Розмір частинок	Однорідна система частинок з невисоким ступенем полідисперсності, розмір частинок 70...80 нм
Масова частка води, %, не більше	10,0
Масова частка сполучень заліза в перерахунку на Fe ₃ O ₄ , %, не менше	90,0
pH водної суспензії, од.	7,0...8,0
Намагніченість насичування	338 кА/м (при 300 К)
Величина ξ-потенціалу	34...44 мВ
<i>Органолептичні показники</i>	
Колір	Від темно-коричневого до чорного
Запах	Без сторонніх запахів

1	2	
Смак	Без сторонніх присмаків	
Зовнішній вигляд, консистенція	Однорідний, сухий, тонкодисперсний, сипучий порошок без сторонніх домішок. Допускається наявність грудочок до 10%, що легко розсипаються при натисканні	
<i>Мікробіологічні показники</i>		
Назва показника	Норматив	Фактичний вміст
КМАФАнМ, КУО/г	Не більше 1×10^4	15
<i>V. cereus</i> КУО/г	Не більше 2×10^2	Не виявлено
БГКП (коліформи)	Не допускаються в 0,1 г	Не виявлено
<i>E. coli</i>	Не допускаються в 1,0 г	Не виявлено
<i>S. aureus</i>	Не допускаються в 1,0 г	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Сальмонела	Не допускаються в 10 г	Не виявлено
Дріжджі, КУО/г	Не більше 1×10^2	Не виявлено
Плісняві гриби, КУО/г	Не більше 1×10^2	Не виявлено
<i>Токсикологічні показники</i>		
Назва токсичного елемента	Норматив (мг/кг)	Фактичний вміст (мг/кг)
Свинець	Не більше 0,6	0,01
Кадмій	Не більше 0,1	0,02
Ртуть	Не більше 0,01	–
Арсен (миш'як)	Не більше 1,0	–

У четвертому розділі «Теоретичне обґрунтування та експериментальне визначення функціонально-технологічних властивостей (ФТВ) харчової добавки «Магнетофуд»» встановлено закономірності взаємодії наночастинок ХДМ з білками, жирами, полісахаридами (вуглеводами), водою. Науково обґрунтовані та експериментально доведені фізико-хімічні моделі водоутримуючої здатності (ВУЗ) ХДМ у харчових системах, які містять одночасно білки та полісахариди (вуглеводи), а також для розчинів полісахаридів; запропоновано модель жирутримуючої здатності (ЖУЗ) харчової добавки «Магнетофуд» (ХДМ) типу «двошарової координації»; обґрунтовано та доведено антиоксидантні властивості ХДМ і її вплив на загущуючі та тиксотропні властивості харчових систем.

Доведено, що на стабілізацію продуктів із гетерогенною дисперсною структурою, які містять полярні та неполярні рідини, впливають фізико-хімічні показники ХДМ, такі як мінімальна щільність поверхневого заряду, рН, енергія ван-дер-ваальсової взаємодії, енергія водневого зв'язку, наявність вільних 3d-орбіталей у атомів Fe. На рис. 3. наведено схеми механізмів сольватації наночастинок ХДМ, що пояснює встановлені закономірності формування властивостей харчових систем. На поверхні наночастинок ХДМ знаходяться різноманітні поляризовані ділянки ($^{+\delta}\text{Fe}$) і ($^{-\delta}\text{O}$). Катіони Fe^{2+} і Fe^{3+} ХДМ є

структуруючими. Висока напруженість електричного поля, створеного катіонами феруму магнітних НЧ, підсилює поляризацію молекул речовин, які знаходяться поруч, а це сприяє додатковій упорядкованості диполів, зокрема, пептидного зв'язку, NO^- -групи, COO^- -групи, H_2O та інших, за межами поверхні НЧ і хемосорбції.

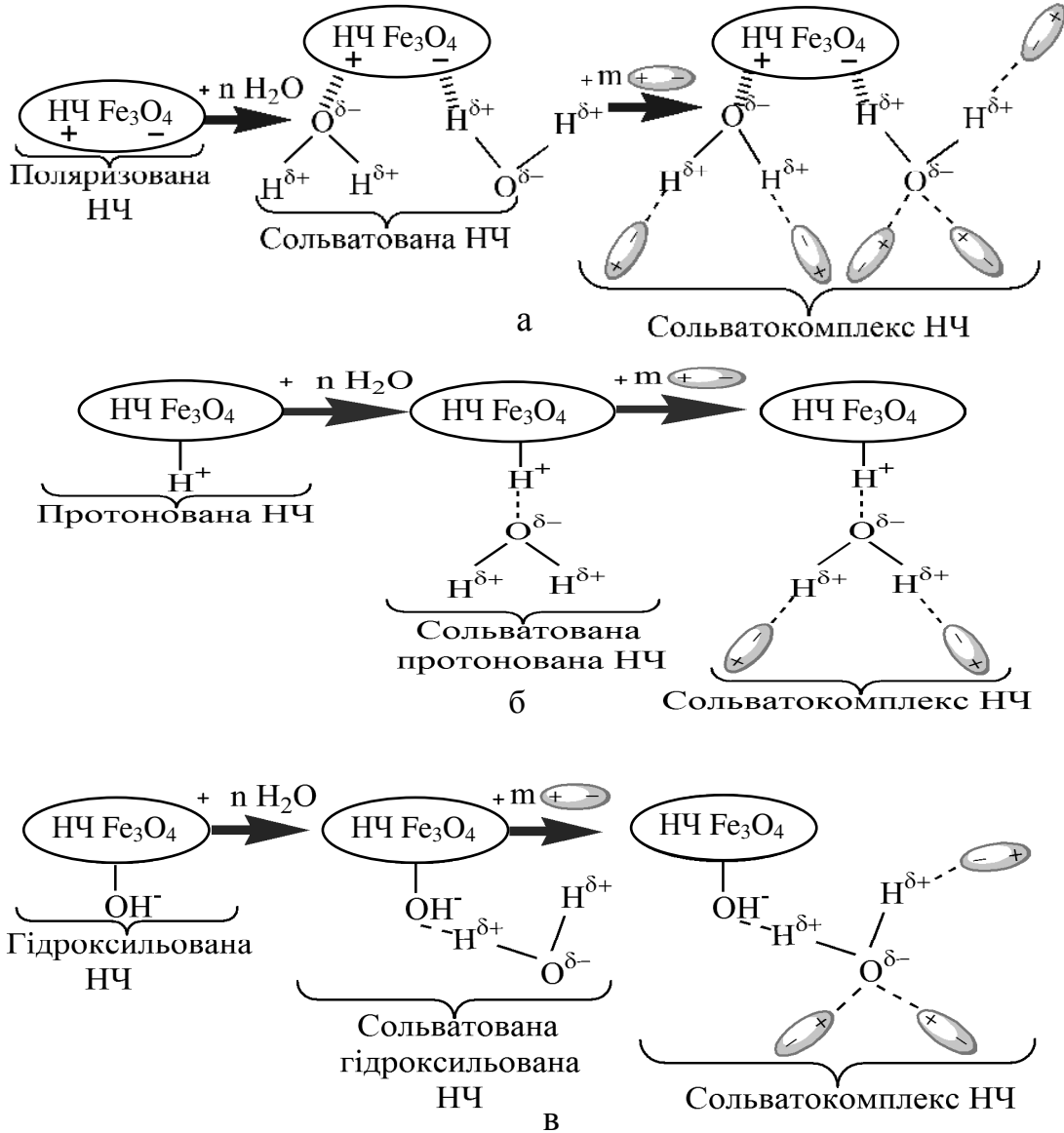


Рис. 3. Механізми сольватації наночастинок ХДМ за різних значень рН у водних середовищах: а – нейтральне середовище (рН~7,0); б – кисле середовище (рН<7,0); в – лужне середовище (рН>7,0)

У тістових масах і крохмалі індикаторним і термогравіметричним методами, ІЧ-Фур'є і EDX-спектроскопією одержано експериментальне підтвердження механізмів водо- і жирутримуючої здатності ХДМ та визначено перерозподіл форм вологи.

Встановлено, що ХДМ в харчових гетерогенних багатокомпонентних системах поводить себе як харчова добавка (покращувач), якій притаманна висока гідратаційна здатність (табл. 3), що разом з широким спектром дії ХДМ

у технологіях харчових виробництв покращує функціонально-технологічні властивості поліфазних систем.

Таблиця 3

Коефіцієнти водопоглинання (ступінь сольватації) харчової добавки «Магнетофуд» (ХДМ) у різних середовищах

Полярне середовище	Коефіцієнти водопоглинання ХДМ, відн.од.	
	$t=20\pm 2^{\circ}\text{C}$	$t=50\pm 2^{\circ}\text{C}$
Натрій гідрокарбонату, рН=6,0	$12,4 \pm 0,4$	$12,8 \pm 0,4$
Розчин етанової кислоти, рН=4,5	$12,8 \pm 0,4$	$13,0 \pm 0,4$
Розчин натрій хлориду, 0,5 %	$13,1 \pm 0,5$	$13,4 \pm 0,5$
Розчин натрій хлориду, 1,7 %	$13,4 \pm 0,5$	$13,5 \pm 0,5$
Розчин сахарози, 1,1 %	$13,6 \pm 0,5$	$13,7 \pm 0,5$
Розчин сахарози, 5,0 %	$13,8 \pm 0,5$	$14,0 \pm 0,5$
Молоко	$12,6 \pm 0,4$	$12,9 \pm 0,4$

Установлено, що в харчових системах, які містять білки, жири, полісахариди (вуглеводи), воду, їх ВУЗ та ЖУЗ коригується завдяки «кластерофільності» наночастинок ХДМ.

Унаслідок вивчення пероксидного, кислотного та йодного чисел установлено уповільнення процесів окиснення жирів та жировмісних продуктів за умови використання ХДМ у середньому в 1,5...2,1 разу (за рахунок утворення проміжних комплексів атомів феруму з атомами кисню пероксидних радикалів і гідрогенпероксидів).

Доведено ефективність коригування стійкості харчових емульсій у разі введення ХДМ. Дискретне варіювання масової частки ХДМ від 0,10% до 0,20% збільшує кінетичну й агрегативну стійкість у прямих емульсіях на основі олії в середньому в 1,2 разу (рис. 4).

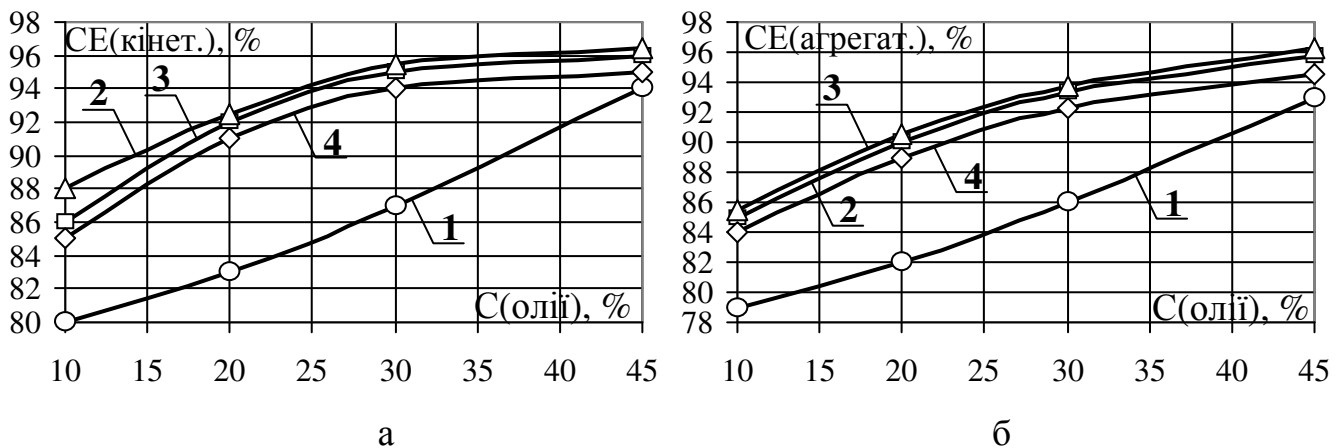


Рис. 4. Стійкість дослідних зразків емульсійної системи «вода+олія+Магнетофуд» (кінетична $SE_{(кінет.)}$ (а) та агрегативна $SE_{(агрегат.)}$ (б) з різними масовими частками олії та ХДМ, %: 1 – 0,1; 2 – 0,15; 3 – 0,2; 4 – 0,25

Крім того, в емульсійних системах «вода+олія+Магнетофуд» після термообробки ($60...65^{\circ}\text{C}$) або кріообробки ($-5...-7^{\circ}\text{C}$) кінетика стійкості спадає

більш повільно зі збільшенням масової частки ХДМ. Доведено, що основними механізмами при цьому є Пікерінг-ефект, підсилений амфіфільністю НЧ. За раціональний вміст ХДМ для емульсійних систем обрано 0,15% від маси колоїдного розчину. Мікроскопічними дослідженнями встановлено, що пряма та зворотна емульсії в разі додавання ХДМ характеризуються більшою дисперсністю за рахунок здатності твердих НЧ до Пікерінг-стабілізації. Визначено максимальна емульгуюча ємність ХДМ в емульсії «вода-олія», яка складає 50 %.

Поверхнева активність ХДМ виявляється в її впливі на процеси піноутворення. Установлено підвищення в 1,10...1,15 разів ефективної в'язкості розчину яєчного білка та зростання його піноутворюючої здатності в 1,19...1,48 разів (рис. 5) за умови додавання ХДМ в межах 0,05...0,2% від маси сухого яєчного білка (при цьому піностійкість у всіх дослідних зразках складає $(99 \pm 1)\%$), що пов'язано не тільки з корегуванням поверхневої активності, але із впливом НЧ на ефективну в'язкість білкових систем з агаром та пектином (рис. 5, б).

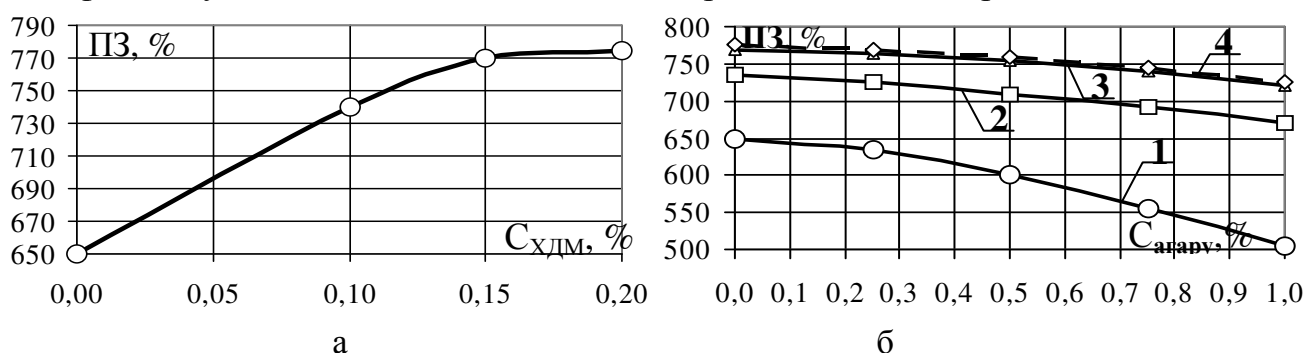


Рис. 5. Піноутворююча здатність ПЗ пінних систем «яєчний білок+Магнетофуд» (а), «яєчний білок+агар+Магнетофуд» (б) з різною кількістю агару та ХДМ, %: 1 – контроль; 2 – 0,1; 3 – 0,15; 4 – 0,2

За раціональний вміст ХДМ для пінних систем обрано 0,15% від маси сухого яєчного білка. Загущуючі властивості ХДМ доведені збільшенням в'язкості водяних розчинів «гелеутворювач+Магнетофуд» з різною кількістю ХДМ: у середньому в 1,25 разів порівняно з контролем (рис. 6, а).

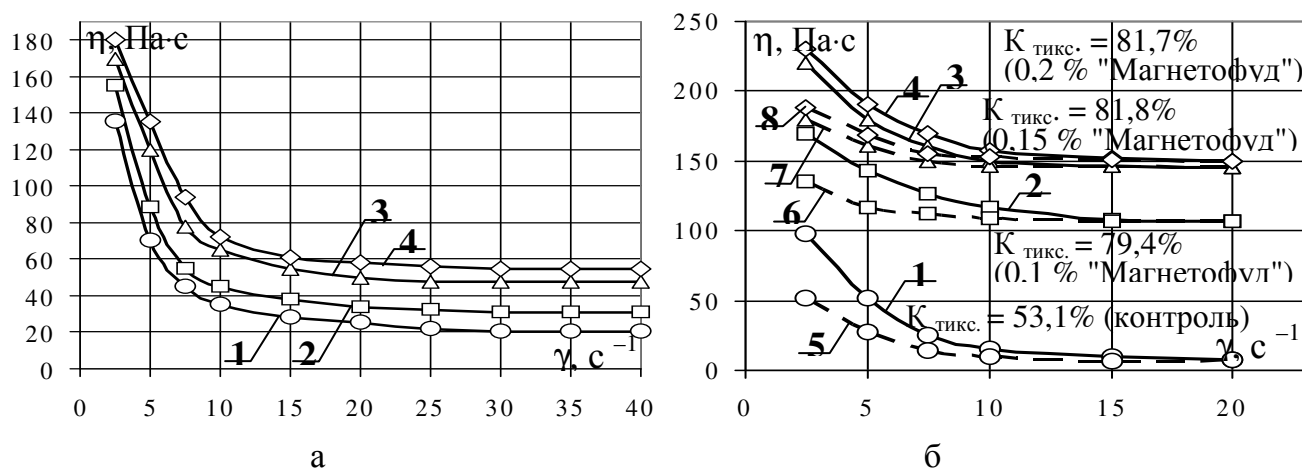


Рис. 6. Залежність ефективної в'язкості η від швидкості зсуву γ_c в водних розчинів «гелеутворювач+Магнетофуд» з різною кількістю ХДМ, %: а – на пектині (1 – контроль, 2 – 0,1; 3 – 0,15; 4 – 0,2); б – на агарі (1 і 5 – контроль, 2 і 6 – 0,1; 3 і 7 – 0,15; 4 і 8 – 0,2)

При цьому раціональною кількістю ХДМ є 0,15% від маси гелеподібного розчину. Встановлено тиксотропні властивості гелеподібних систем з ХДМ (рис. 6, б). Зокрема, при додаванні ХДМ в розчини гелеутворювача (пектину або агару) збільшується коефіцієнт тиксотропії $K_{(тикс.)}$ в 1,4...1,5 разів.

Таким чином, підтверджено, що за умови реалізації трьох моделей функціонально-технологічних властивостей ХДМ: ВУЗ – «кластерно-петельно-ланцюгової» і «кластерно-капілярної», ЖУЗ – «двошарової координації» та здатності наночастинок ХДМ до «кластерофільності» і Пікерінг-стабілізації можна коригувати функціонально-технологічні властивості поліфазних систем, що є підґрунтям для розробки науково обґрунтованих технологій харчової продукції з покращеними показниками якості та подовженим терміном зберігання.

У **п'ятому розділі** «Технології хлібобулочної, кондитерської, м'ясної продукції з поліфазною дисперсною структурою з використанням харчової добавки «Магнетофуд»» обґрунтовано та розроблено технології харчової продукції з поліфазною структурою з додаванням ХДМ на прикладі житньо-пшеничного хліба, пряників заварних, вівсяного печива, десерту з сиру кисломолочного, м'ясних посічених виробів, формового желейного мармеладу на пектині й агарі, біло-рожевого зефіру на пектині й агарі, ягідно-фруктових збитих десертів (мусу і самбуку).

Встановлено раціональний спосіб введення ХДМ у вигляді жирової суспензії (ЖС) у харчові продукти емульсійного і суспензійно-емульсійного типу в технологіях житньо-пшеничного хліба, заварних пряників, вівсяного печива, м'ясних посічених виробів та десертів із сиру кисломолочного. При цьому раціональна масова частка ХДМ дорівнює 0,15% від маси борошна для житньо-пшеничного хліба (або від маси рецептурної суміші для заварних пряників, вівсяного печива, сиркового десерту) та 0,10% від маси рецептурної суміші для м'ясних посічених виробів.

Визначено раціональні параметри отримання ЖС, до складу якої входить соняшникова олія та харчова добавка «Магнетофуд» (ХДМ) у співвідношенні олія:ХДМ=50 мас.:%:50 мас.:%: ретельне перемішування суміші ($n=2,0...2,2 \text{ c}^{-1}$) при $t=45...50^\circ\text{C}$ протягом $\tau=(3...4)\times 60 \text{ c}$.

Розроблено рецептуру та технологію житньо-пшеничного хліба «Харківський родничок» з ХДМ, яку вводили у вигляді ЖС під час замішування тіста. Доведено вплив харчової добавки «Магнетофуд» на характеристики клейковини житньо-пшеничного борошна: збільшується гідратаційна здатність на 7,1...7,8%, пружність на 22,4...25,9%, розтяжність до 12,2...13,0%.

Встановлено ефективність тістоприготування з внесенням ХДМ, що забезпечує скорочення технологічного циклу виготовлення хліба на $(20...25)\times 60 \text{ c}$, збільшення питомого об'єму хліба в 1,18...1,22 разу та пористості м'якушки в 1,28...1,32 рази, крім того покращуються газотримуюча здатність і розпушування тіста.

Відзначено покращення органолептичних показників готових виробів, встановлено зростання виходу хліба на 5...6%.

На підставі тензометричних і структурно-механічних досліджень хліба, вивчення набухаємості й кришливості м'якушки підтверджено позитивний вплив харчової добавки «Магнетофуд» на збереження хлібобулочними виробами свіжості (табл. 4).

Таблиця 4

Показники якості зразків хліба житньо-пшеничного (36 год зберігання)

Показник	Зразки житньо-пшеничного хліба	
	«Дарницький» (контроль)	«Харківський родничок» з 0,15 % ХДМ
Стискуваність, од. прил.	29,0±1,4	36,0±1,8
Набухаємість м'якушки, %	249,0±12,0	305,0±12,0
Кришливість м'якушки, %	16,9±0,8	11,9±0,6

Визначено раціональні технологічні параметри та рецептурний склад пряників заварних із ХДМ. Установлено, що внесення ХДМ (у вигляді ЖС) під час замішування тіста покращує консистенцію і вигляд на зламі (рис. 7, а), збільшує вихід до 5,5...6,0% і намочуваність в 1,18...1,22 рази готових виробів, також зменшує кришливість в 1,7...1,9 разів та подовжує термін збереження свіжості за рахунок утримання в продукті зв'язаної води (рис.7, б).

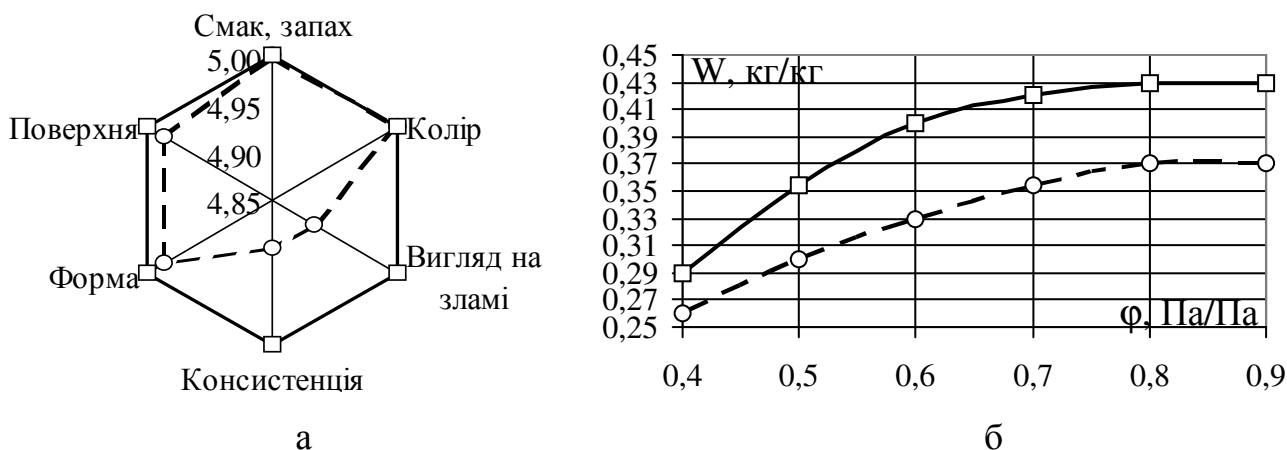


Рис. 7. Органолептичні показники (а) та ізотерми сорбції (б) пряників ($t=18...22^{\circ}\text{C}$, ϕ відносна вологість повітря): —○— — пряники «Ленінградські» (контроль); —□— — пряники «Харківські» з ХДМ

Розроблено та обгрунтовано технологію вівсяного печива з додаванням ХДМ у вигляді ЖС під час розтирання масла (рис. 8). Відзначено збільшення стійкості тістових мас в 1,20...1,25 разів, зменшення ступеня розрідження в 1,25...1,27 разів та часу утворення тіста на $(1,4...1,6)\times 60$ с порівняно з контролем. Одержано наукове підтвердження утворення структуровано-сольватованої системи, прояву «кластерофільної» дії ХДМ.

Встановлено зростання виходу готових виробів на 5...7%; зменшення густини в 1,25...1,29 разів та покращення органолептичних показників (форма і консистенція) вівсяного печива з додаванням ХДМ.

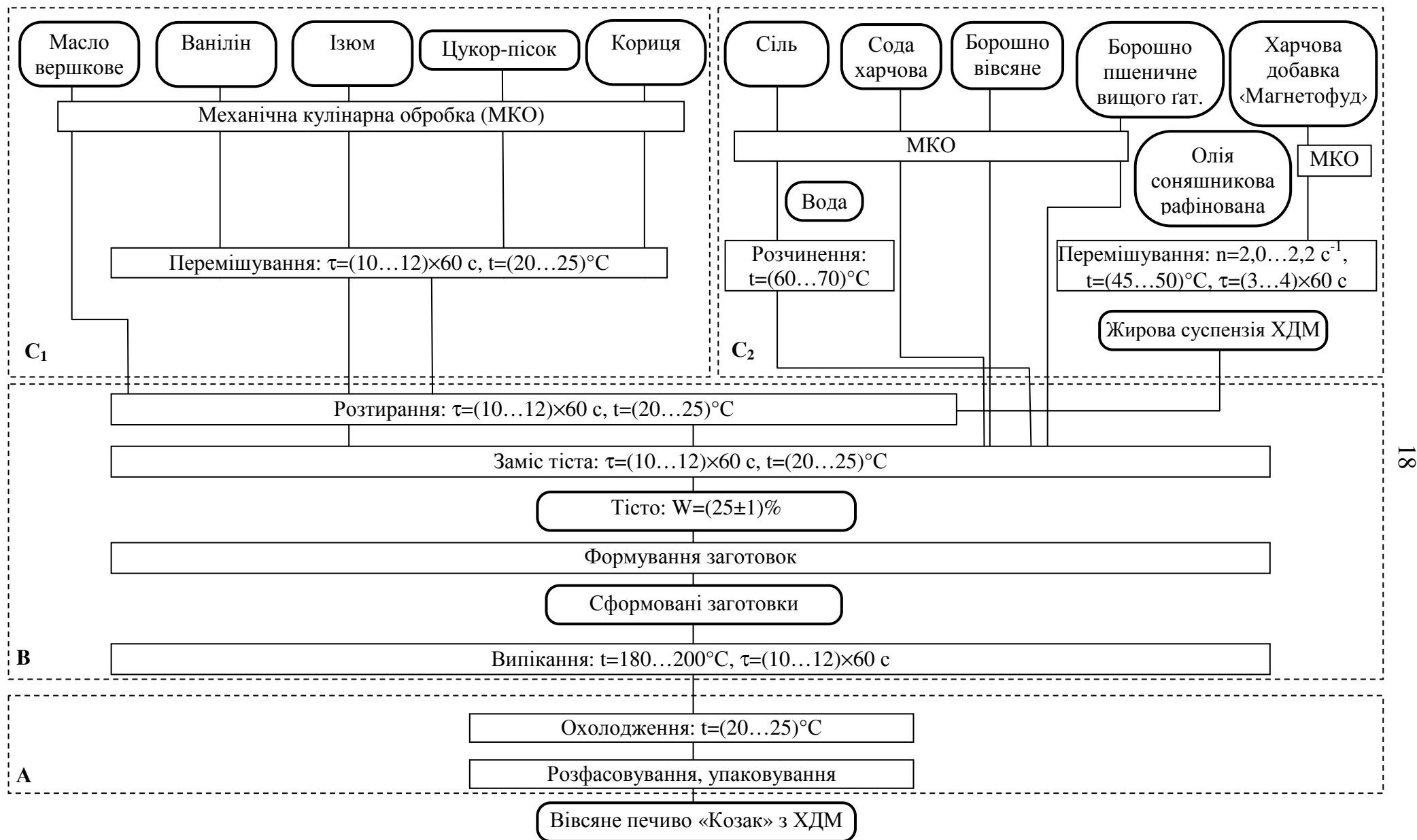


Рис. 8. Технологічна схема виготовлення вівсяного печива «Козак» із уведенням ХДМ: А, В, С₁, С₂ – підсистеми виробництва вівсяного печива

Доведено покращення показників стискуваності та кришливості печива в процесі зберігання, що характеризує збільшення терміну свіжості готових виробів з введенням ХДМ (рис. 9).

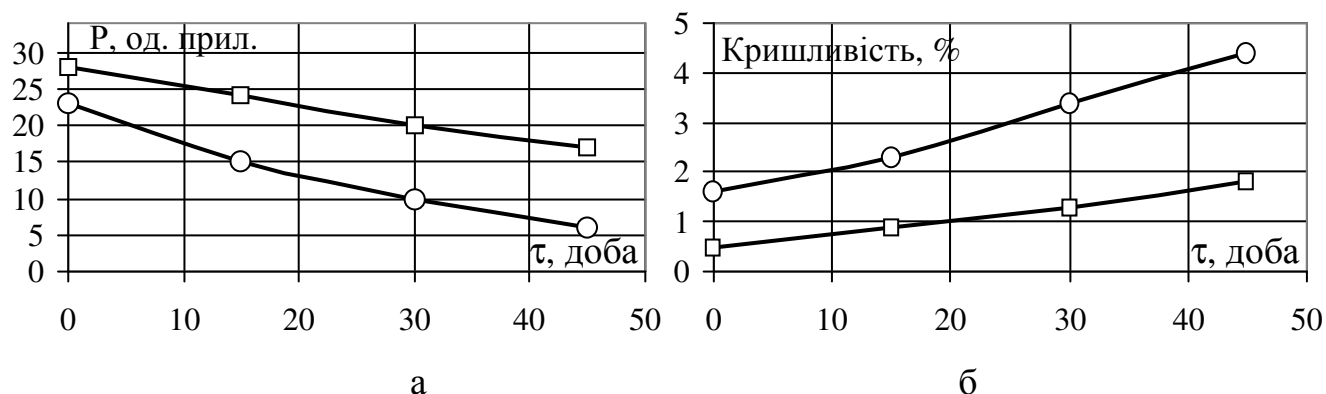


Рис. 9. Стискуваність Р (а) та кришливість (б) вівсяного печива в процесі зберігання: —○— – вівсяне печиво за традиційною технологією – контроль, —□— – вівсяне печиво «Козак» з 0,15% ХДМ

Розроблено технологію м'ясних посічених виробів з додаванням ХДМ у вигляді ЖС, при цьому підвищується водозв'язуюча та водоутримуюча здатність в 1,28...1,32 рази, що приводить до формування соковитої та ніжної консистенції, зниження втрат під час теплової обробки і підвищення виходу готової продукції на 5,0...6,0%; крім того, збільшуються жирозв'язуюча та жирутримуюча здатність в 1,26...1,29 разів, жироемульгуюча здатність в 1,24...1,26 разів та стійкість емульсій в 1,22...1,24 рази; покращуються в'язкопластичні властивості м'ясних фаршів, що зумовлює м'яку консистенцію та позитивно впливає на формоутримуючу здатність фаршевих систем. Розроблено технології котлет «Ситні» та біфштексів із яловичини «Слобожанські» з використанням ХДМ, яка вводиться у вигляді ЖС при перемішуванні фаршу.

Розроблено технологію сиркового десерту «Слоненя». ХДМ вводиться у вигляді ЖС під час попереднього змішування з 50% сметани та додаванням отриманої суміші в ході перемішування. Внесення ХДМ сприяє збільшенню напруги зсуву в 1,18...1,3 разу, що зумовлює стійкість сиркового виробу, крім того, дещо пом'якшується його структура, за рахунок водо- та жирутримуючої здатності ХДМ.

Доведено, що раціональним способом введення ХДМ у технології виробів піно- та гелеподібної структури, зокрема мармеладу, зефіру, збитих ягідно-фруктових десертів, є водні суспензії (ВС) ХДМ з відповідними структуроутворювачами, такими як желатин, агар, пектин. Розроблено технології зефіру біло-рожевого (на агарі й пектині), ягідно-фруктового мусу та самбуку (рис. 10), формового желейного мармеладу (на агарі й пектині) із ХДМ, яка вводиться у вигляді ВС на етапі набрякання та розчинення у кількості 30,0 кг на 1000 кг сировини (раціональний вміст ХДМ дорівнює 0,15% від маси рецептурної суміші).

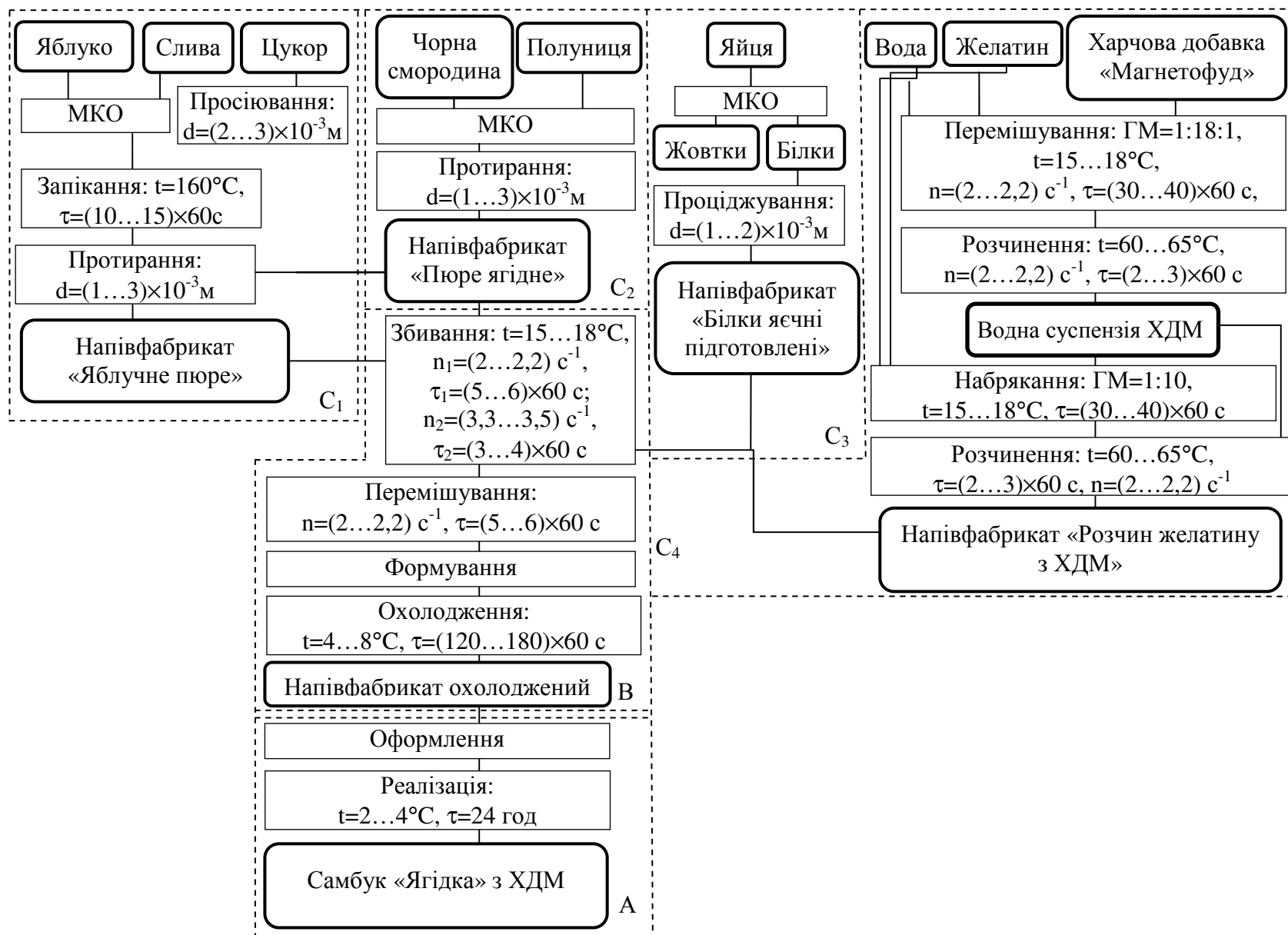


Рис. 10. Технологічна схема виготовлення самбуку «Ягідка» з уведенням ХДМ: А, В, С₁, С₂, С₃, С₄ – підсистеми виготовлення збитого ягідно-плодового десерту (самбуку)

Визначено раціональні параметри утворення ВС: ГМ=1:18:1; $t_1=15...18^\circ\text{C}$; $n_1=2,0...2,2\text{ c}^{-1}$; $\tau_1=(30...40)\times 60\text{ c}$ для желатина, $\tau_1=(25...30)\times 60\text{ c}$ для агару, $\tau_1=(35...40)\times 60\text{ c}$ для пектина; $t_2=60...65^\circ\text{C}$ для желатина, $t_2=95...100^\circ\text{C}$ для агару, $t_2=85...90^\circ\text{C}$ для пектина; $n_2=2,0...2,2\text{ c}^{-1}$; $\tau_2=(2...3)\times 60\text{ c}$.

Відзначено, що внесення ХДМ покращує органолептичні показники готових виробів піно- і гелеподібного типу (консистенцію, текстуру, форму, зовнішній вигляд) та підвищує дисперсність і стійкість пухирців повітря (у збитих десертах та зефірі біло-рожевому), які мають середній діаметр основної фракції $d=(45...50)\cdot 10^{-3}\text{ м}$ та вузький пік кривої розподілу за діаметром (забезпечуючи стійкість піноподібної системи).

Доведено, що під час виробництва продукції пінної структури, зокрема зефіру біло-рожевого, наночастинки харчової добавки «Магнетофуд» (ХДМ), що містяться у водній суспензії (ВС), виконують роль стабілізаторів піни, що збільшує піноутворюючу здатність системи «яєчний білок+гелеутворювач+Магнетофуд» в 1,2...1,4 рази та стабілізує піностійкість на рівні $(99\pm 1)\%$.

При цьому, збільшується максимальне напруження зсуву на 9,1...11,6% та скорочується час отримання пінної структури на $(2,0...2,5)\times 60\text{ c}$ (рис. 11).

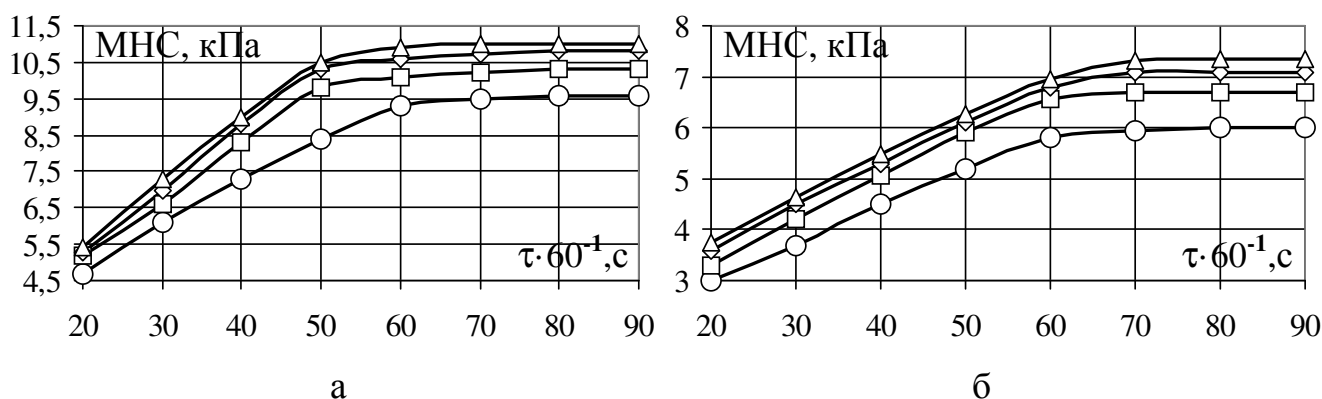


Рис. 11. Максимальне напруження зсуву МНС у процесі вистойки дослідних зразків збивних мас на агарі (а) та на пектині (б): —○— — контроль; —□— — 0,10% ХДМ; —◇— — 0,15% ХДМ; —△— — 0,20% ХДМ

Встановлено, що використання харчової добавки «Магнетофуд» у вигляді водної суспензії приводить до утворення стійкої пінної структури ягідно-плодових десертів (збільшується піноутворююча здатність в 1,3 рази та стабілізується піна в усіх дослідних зразках на рівні $(99\pm 1)\%$) (рис. 12); також відзначено збільшення механічної міцності структури десертних пінних систем у 1,21...1,25 разів та покращення структури виробів за рахунок підвищення ефективної в'язкості.

Доведено, що введення ХДМ у вигляді ВС на етапі набрякання-розчинення в технології формового желейного мармеладу (на агарі й пектині) функціонально впливає на його структурно-механічні характеристики: збільшується швидкість структурування желейних мас в 1,3...1,4 рази, зміцнюється просторовий каркас гелю в 1,3...1,5 разів, що позитивно

позначається на текстурі продукту та подовженні терміну збереження (τ) його свіжості.

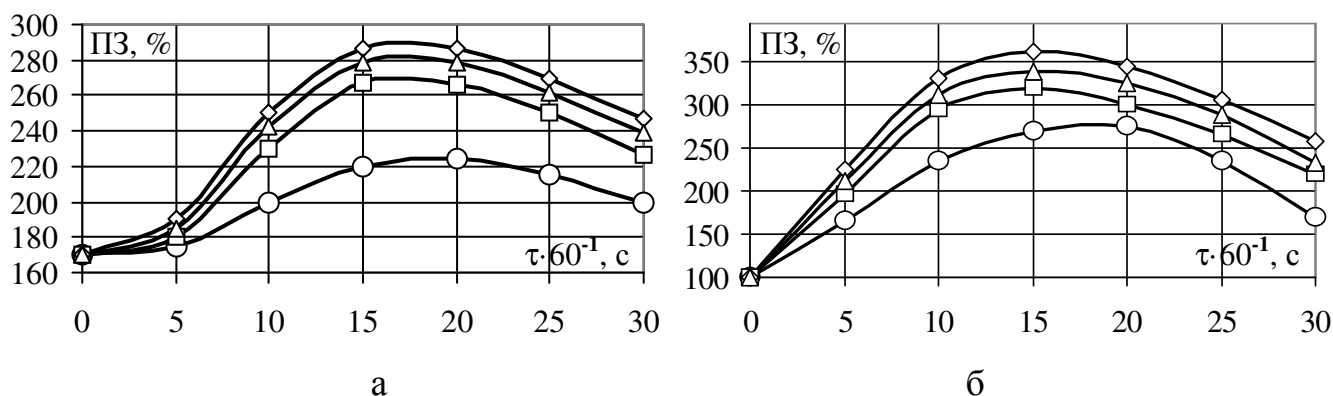


Рис. 12. Піноутворююча здатність під час збивання дослідних зразків ягідно-фруктових збитих десертів: а – мусу; б – самбуку: —○— контроль; —□— 0,10% ХДМ; —◇— 0,15% ХДМ; —△— 0,20% ХДМ

Крім того, під час зберігання (75 діб) мармеладу формового желейного «Ранок» з введенням 0,15% ХДМ уповільнюється втрата вологи W на 16...18% (порівняно з контролем) у таких умовах: відносна вологість повітря $\phi=(75\pm 2)\%$, температура $t=(18\pm 2)^\circ\text{C}$ (рис.13).

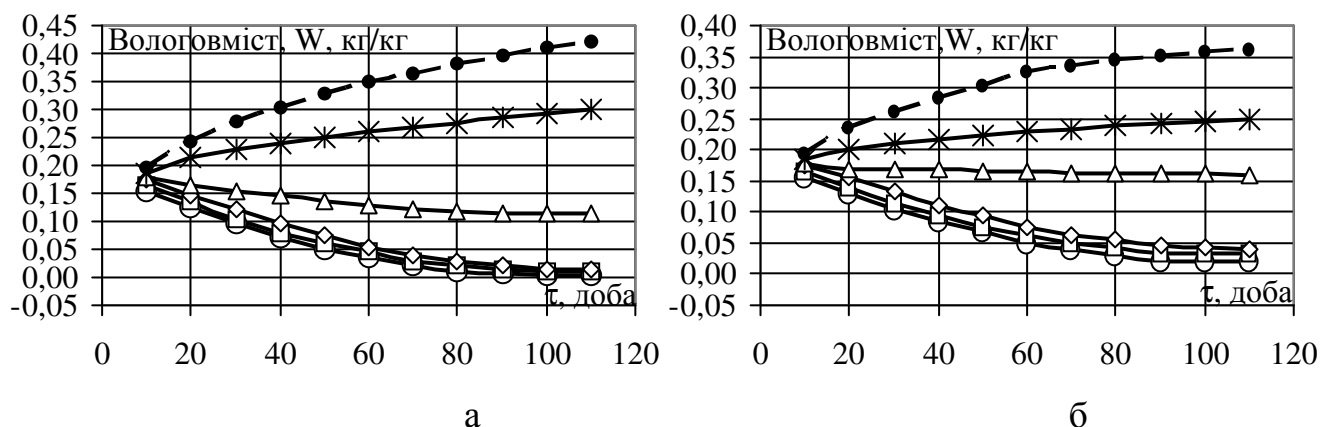


Рис. 13. Кінетика сорбції зразків формового желейного мармеладу на агарі під час зберігання за різної вологості повітря: (а – контроль, б – мармелад «Ранок» з 0,15% ХДМ): —○— 40%; —□— 50%; —◇— 60%; —△— 70%; —*— 80%; —●— 90%

Встановлено, що в технології мармеладу желейного формового можна зменшити кількість таких імпортованих дороговартісних структуроутворювачів як агар (до 11%) і пектин (до 9%).

Доведено, що сформовані функціонально-технологічні властивості ХДМ покращують показники якості та забезпечують ефективність її використання в технологіях харчової продукції.

У шостому розділі «Доклінічне вивчення токсикологічних параметрів харчової добавки «Магнетофуд» узагальнено результати доклінічних

випробувань деяких параметрів токсичності ХДМ в умовах *in vitro* та *in vivo* на лабораторних тваринах, а саме, параметрів гострої токсичності при внутрішньошлунковому введенні мишам (самці, самки), підгострої токсичності при внутрішньошлунковому введенні щурам обох статей, цитотоксичності та визначено фармакокінетичні характеристики.

Визначено, що зі збільшенням концентрації ХДМ у фізіологічному розчині (у тесті *in vitro* з використанням трипанового синього) до 5,0 мг/мл кількість життєздатних клітин червоно кісткового мозку (КЖК ЧКМ) стала, що вказує на відсутність цитотоксичного ефекту цієї добавки (рис. 14, а). У концентраціях ХДМ до 20 мг/мл кількість життєздатних клітин за час інкубації зменшується в 2,5 рази.

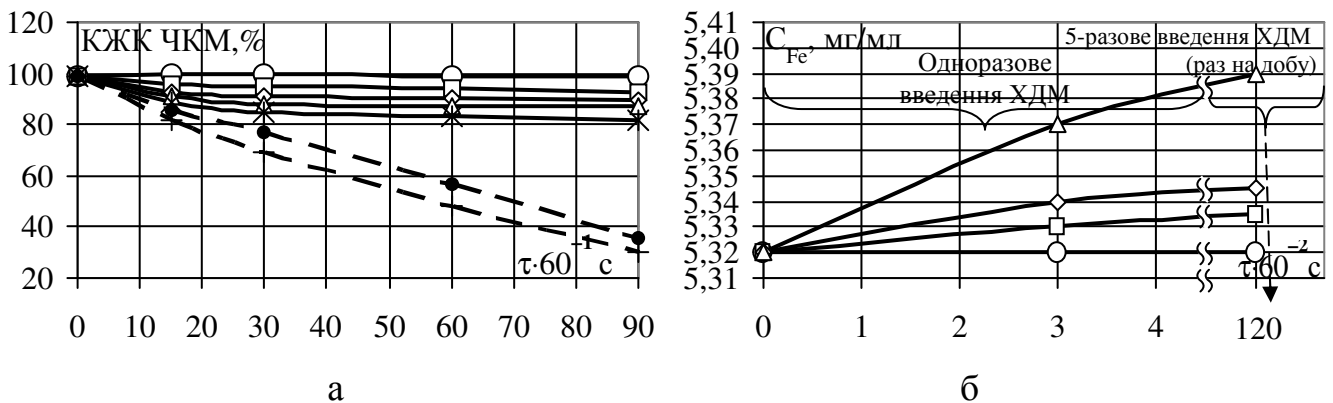


Рис. 14. Цитотоксичні властивості (а) та фармакокінетичні характеристики (б) ХДМ під час інкубації у різних концентраціях: (а – $C_{\text{ХДМ}}$ в мг/мл): \circ – інтактний контроль; \square – 0,002; \diamond – 0,02; \triangle – 2,5; \ast – 5,0; \bullet – 10,0; $\text{---}+$ – 20,0; (б – $C_{\text{ХДМ}}$ в мг/кг): \circ – інтактний контроль; \square – 10,0; \diamond – 50,0; \triangle – 500,0

Фармакокінетичні характеристики вивчено за умов перорального введення ХДМ в дозах 10, 50, 500 мг/кг (рис. 14, б). Встановлено, що у внутрішніх органах щурів концентрація атомів феруму через 5 діб майже не відрізняється від концентрації в сироватці крові.

Вивчено гістоструктури внутрішніх органів білих щурів за умов перорального 10-денного введення ХДМ. Макроскопічний огляд показав відсутність патологічних змін внутрішніх органів мишей та щурів обох статей.

Встановлено максимально допустиму дозу ХДМ, яка не чинить шкідливого впливу на структуру тканин щурів у разі тривалого введення, 50 мг/кг та дозу, за умови введення якої починаються певні морфологічні зміни, 500 мг/кг. Визначено, що ХДМ належить до IV класу токсичності речовин – малотоксичні речовини ($LD_{50} > 5000$ мг/кг).

У **сьомому розділі** «Комплексна оцінка ефективності інноваційних технологій та SWOT-аналіз харчової продукції з використанням ХДМ обґрунтовано науково-методичний підхід до оцінювання ефективності інноваційних технологій харчової продукції з використанням ХДМ, який базується на засадах коефіцієнтного аналізу та включає сукупність показників, що характеризують наукову й науково-технічну результативність, соціальну й

економічну ефективність інноваційних розробок.

Визначено сильні та слабкі сторони виробництва харчової продукції зі поліфазною дисперсною структурою з введенням ХДМ, а також стратегічні перспективи та загрози для просування цієї продукції на ринку. Установлено, що найбільш сильними сторонами продукції з використанням ХДМ є унікальність пропозиції та патентна захищеність, слабкими – низький рівень інформованості споживачів про нові продукти та ризики виробників у разі впровадження нової продукції. Щодо стратегічних перспектив просування нової продукції на ринку, то вони зумовлені переважно зростанням ринку нанотехнологій та нанопродукції, а також попитом на впровадження результатів нанодосліджень у сферу харчування. Основними загрозами для реалізації продукції з використанням ХДМ є невисокий рівень фінансування інноваційних проектів і неврегульованість питань щодо трансферу технологій. Доведено, що запровадження розроблених технологій забезпечує високий рівень наукоємності продукції, абсолютні значення якої (0,78...1,09%) в 1,05...1,50 разу перевищують відповідні показники за видами економічної діяльності в Україні (0,75%). Доведено більшу цінність нових продуктів для споживачів сегмента В2С порівняно з продуктами-аналогами: ціна розробленої продукції відповідає цінам на продукти-аналоги, що з урахуванням більш високих якісних характеристик дає компанії-виробнику можливість збільшити рентабельність інноваційної продукції на 0,2...5,4%. Визначено, що додатковий прибуток за умови впровадження розробленої продукції у виробництво становитиме 0,1...4,4 тис. грн на кожні 1000 кг інноваційної продукції.

ВИСНОВКИ

1. Унаслідок аналізу та узагальнення даних літературних джерел видокремлено науково-технічну проблему ресурсозбереження та створення ефективних технологій виробництва якісної харчової продукції з регульованими функціонально-технологічними властивостями і показниками безпечності. На теоретичному підґрунті з фундаментальних наук визначено інноваційний потенціал залучення нанотехнологій та наночастинок для їх включення в технологічний потік харчової продукції. Сформульовано та реалізовано наукову концепцію цілеспрямованого регулювання функціонально-технологічних властивостей харчових систем шляхом використання наночастинок мінерального походження для розширення асортименту якісної харчової продукції з подовженим терміном збереження свіжості. Визначено методи теоретичного та методу експериментального дослідження технології утворення наночастинок мінерального походження та формування їх функціонально-технологічних властивостей для харчових технологій.

2. Визначено, що технологія хімічної конденсації є ефективною та дозволяє регулювати фізико-хімічні показники наночастинок на основі оксидів заліза. Встановлено раціональні параметри технологічного процесу утворення наночастинок із цільовою задачею щодо розміру 70...80 нм. Такими умовами та параметрами є: використання 10% розчинів солей дво- та тривалентного

феруму в лужному середовищі ($\text{pH}=10\dots11$) за температури $t=(50\pm5)^\circ\text{C}$ і 1,7...1,8 кратному надлишку солі Fe (II) та 10,0...10,5 кратному надлишку лугу $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$; співвідношення $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}=2:1,75$. Відпрацьована технологія дозволяє отримати наночастинки з розподілом за діаметром, близьким до монодисперсності.

3. Визначено фізико-хімічні показники ХДМ, які доводять, що при ξ -потенціалі 34...44 мВ, діаметрі 70...80 нм, молярній масі 230,8 г/моль, вмісті заліза в масових відсотках не менше 90% та вологи 10% забезпечуються функціонально-технологічні властивості харчової продукції, що є стійкою до зовнішніх чинників зберігання та окиснення.

4. Експериментальним шляхом доведено підвищення стійкості таких колоїдних систем, як емульсії, в середньому в 1,2...1,3 рази, що зумовлено виявленою взаємодією наночастинок ХДМ з вуглеводами, білками, оліями, жирами і вищими жирними кислотами та їх солями, що приводить до просторового структурування. Виявлено, що загальною функціонально-технологічною властивістю наночастинок ХДМ є антиоксидантна, крім того, вони впливають на загущуючі та тиксотропні властивості харчових систем у цілому.

5. Визначені величини фізико-хімічних показників наночастинок ХДМ, такі як мінімальна щільність поверхневого заряду ($\text{pH}=6,8\dots7,0$), енергія ван-дер-ваальсової взаємодії (5...30 кДж/моль), енергія водневого зв'язку (20...70 кДж/моль), що забезпечують таку функціонально-технологічну властивість, як стабілізація дисперсій, які містять полярні та неполярні рідини, тобто стійкі емульсії, суспензії, пасти, креми тощо. Виявлено, що утворення стійких дисперсних систем, до складу яких входять органічні сполуки та вода, за іонними та диполь-іонними взаємодіями відбувається завдяки досить високій енергії координаційного зв'язку 50...200 кДж/моль.

6. Встановлено, що раціональним способом введення ХДМ у технології харчових продуктів з поліфазною структурою є жирові суспензії, зокрема технології хліба, пряників, печива, м'ясних посічених виробів (котлети, біфштекси з яловичини) та десертів з сиру кисломолочного. Визначено раціональні параметри отримання ЖС, до складу якої входить соняшникова олія та ХДМ у співвідношенні олія:ХДМ=50 мас.:%:50 мас.:%: ретельне перемішування суміші ($n=2,0\dots2,2\text{ c}^{-1}$) за температури $t=45\dots50^\circ\text{C}$ протягом $\tau=(3\dots4)\times60\text{ c}$. Відзначено, що залучення наночастинок ХДМ в технологічний процес хлібобулочних, борошняних кондитерських, м'ясних посічених виробів та десертів із сиру кисломолочного приведе до скорочення технологічного циклу випікання хліба на $(20\dots25)\times60\text{ c}$ та сприятиме стабілізації споживних властивостей готових виробів протягом зберігання. При цьому раціональна масова частка ХДМ дорівнює 0,15% від маси борошна для житньо-пшеничного хліба (або від маси рецептурної суміші для заварних пряників, вівсяного печива, сиркового десерту) та 0,10% від маси рецептурної суміші для м'ясних посічених виробів.

7. Доведено функціональність ХДМ в технології м'ясних посічених виробів: підвищуються водозв'язуюча та водоутримуюча здатність в 1,28...1,32 рази, що приводить до формування соковитої та ніжної консистенції, зниження втрат під час теплової обробки на 5,0...6,0% і підвищення виходу готової продукції на 5,0...6,0%; підвищення жирозв'язуючої та жирутримуючої здатності в 1,26...1,29 разів, жироемульгуючої здатності в 1,24...1,26 разів та стійкості емульсій в 1,22...1,24 рази покращує в'язкопластичні властивості фаршів (зростає граничне напруження зсуву в 1,30...1,35 разів; збільшуються: пластична в'язкість в 1,36...1,40 разів, коефіцієнт консистенції в 1,12...1,15 разів, ефективна в'язкість в 1,6...1,7 разів, високоеластичний модуль в 1,15...1,17 разів, модуль міттевої пружності в 1,18...1,22 рази), що обумовлює м'яку консистенцію та покращує формоутримуючу здатність фаршевих систем. Визначено, що введення ХДМ функціонально впливає на структурно-механічні характеристики десерту з сиру кисломолочного: зі зростанням масової частки ХДМ збільшується максимальне напруження зсуву в 1,18...1,3 рази порівняно з контролем, зростає коефіцієнт тиксотропії в 1,26 разів. Встановлено, що такий характер впливу позитивно позначається на текстурі продукту.

8. Доведено, що для функціонування ХДМ у технологіях виробів пінної та гелеподібної структури, зокрема формового желейного мармеладу, зефіру біло-рожевого, збитих ягідно-плодових десертів (мусів, самбуків), раціональним способом введення ХДМ є водні суспензії наночастинок зі структуроутворювачами (желатин, агар, пектин). Визначено раціональні параметри утворення ВС: ГМ=1:18:1; $t_1=15...18^{\circ}\text{C}$; $n_1=2,0...2,2 \text{ c}^{-1}$; $\tau_1=(30...40)\times 60 \text{ c}$ для желатина, $\tau_1=(25...30)\times 60 \text{ c}$ для агара, $\tau_1=(35...40)\times 60 \text{ c}$ для пектина; $t_2=60...65^{\circ}\text{C}$ для желатина, $t_2=95...100^{\circ}\text{C}$ для агара, $t_2=85...90^{\circ}\text{C}$ для пектина; $n_2=2,0...2,2 \text{ c}^{-1}$; $\tau_2=(2...3)\times 60 \text{ c}$. Розроблено технології та вивчено органолептичні показники харчової продукції з використанням ХДМ: ягідно-плодових десертів – мусу «Малинка» і самбуку «Ягідка»; формового желейного мармеладу на агарі «Ранок» і на пектині «Веселка»; зефіру біло-рожевого на агарі «Весна» і на пектині «Літо». Визначено дисперсні характеристики пінних структур у десертах з сиру кисломолочного, з ягідно-плодової сировини (муси, самбуки) та в зефірних масах за умови введення ХДМ: функція розподілу повітряних пухирців за діаметром вузька та симетрична, діаметр $d=(45...50)\cdot 10^{-3} \text{ м}$ є переважаючим чинником, тобто наночасинки ХДМ забезпечують стабільність піни.

9. Доведено, що використання водних суспензій ХДМ (на етапі набрякання-розчинення гелеутворювача) у технологіях виробів гелеподібної структури (формового желейного мармеладу на агарі й пектині) функціонально впливає на структурно-механічні характеристики мармеладу: збільшує в'язкість в 1,3...1,4 рази, швидкість структурування желейних мас в 1,3...1,4 рази; підвищує коефіцієнт тиксотропії в 1,4...1,5 разів; зміцнює просторовий каркас гелю в 1,3...1,5 разів, що позитивно позначається на текстурі продукту та подовженні терміну збереження його свіжості. Крім того, під час зберігання (75 діб) уповільнюється втрата вологи на 11...18% (порівняно з контролем) у таких

умовах: відносна вологість повітря $\phi=(75\pm 2)\%$, температура $t=(18\pm 2)^\circ\text{C}$. Доведено, що в технології мармеладу желейного формового можна зменшити кількість агару на 9...11% і пектину на 7...9%.

10. Встановлено, що під час виробництві продукції пінної структури, зокрема зефіру біло-рожевого, наночастинки ХДМ, що містяться у ВС, виконують роль стабілізаторів піни та збільшують піноутворюючу здатність в 1,2...1,4 рази, забезпечують піностійкість на рівні $(99\pm 1)\%$. Доведено, що використання ХДМ у вигляді ВС приводить до утворення стійкої пінної структури ягідно-плодових десертів (збільшується піноутворююча здатність мусів в 1,22...1,3 рази і самбуків в 1,23...1,38 разів; стійкість піни складає $(99\pm 1)\%$) і збільшення механічної міцності структури десертних пінних систем в 1,21...1,25 разів.

11. Доклінічними дослідженнями доведено, що ХДМ не бере участі в метаболізмі й не має токсичної дії на організм; належить до IV класу токсичності (малотоксичні речовини, $LD_{50} > 5000$ мг/кг); встановлений цитопротекторний ефект добавки в малих концентраціях введення (0,02 мг/мл і 0,002 мг/мл) є додатковим підтвердженням антиоксидантої активності ХДМ.

12. У ході SWOT-аналізу встановлено, що найбільш сильними сторонами харчової продукції з використанням ХДМ є унікальність пропозиції та патентна захищеність, слабкими – низький рівень інформованості споживачів про нові продукти та ризики виробників у разі впровадження нової продукції. Доведено, що запровадження розроблених технологій забезпечує високий рівень наукоємності продукції, абсолютні значення якої 0,78...1,09% в 1,05...1,50 рази перевищують відповідні показники за видами економічної діяльності в Україні (0,75%). Доведена більша цінність нових продуктів для споживачів сегмента В2С порівняно з продуктами-аналогами. Визначено, що додатковий прибуток за умови впровадження інноваційної продукції у виробництво становитиме до 4,4 тис. грн на кожні 1000 кг інноваційної продукції.

13. Розроблено і затверджено нормативну документацію на ХДМ та нові продукти з її використанням. Проведено роботу з їх упровадження у виробничу діяльність підприємств харчової промисловості, ресторанного господарства України та в освітній процес.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Цихановська І. В., Александров О. В., Барсова З. В., Дуденко Н. В., Павлоцька Л. Ф., Скуріхіна Л. А. Одержання та дослідження властивостей біологічно-активних добавок на основі ліпідом-магнетитових суспензій // Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технології, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу: колективна монографія. Харків: ХДУХТ, 2015. С. 138–167. *Внесок здобувача: визначення теоретичних та практичних аспектів дослідження, формулювання гіпотези та її експериментальне підтвердження.*

2. Цихановська І. В., Александров О. В., Лазарева Т. А., Гонтар Т. Б., Павлоцька Л. Ф. Використання жирос-магнетитової суспензії для підвищення

харчової цінності цукерок «Сухофрукти в шоколаді», збагачених залізовмісною харчовою добавкою // Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технології, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу: колективна монографія. Харків: ХДУХТ, 2016. С. 143–170. *Внесок здобувача: керівництво дослідженнями з визначення технологічних параметрів та режимів отримання жиру-магнетитової суспензії та цукерок «Сухофрукти в шоколаді» з ХД «Fe₃O₄», узагальнення одержаних даних, формулювання висновків.*

3. Alexandrov A., Tsykhanovska I., Evlash V., Lazareva T., Svidlo K., Gontar T. Formation of the quality of the rzhno-wheat bread with addition of the polyfunktianial food additives «Magnetofood» // *New Technologies of Food Production: Raw Materials, Additives, Quality: collective monograph.* Beau-Bassin: LAP LAMBERT. Academic Publishing, 2018. P. 243–297. *Внесок здобувача: постановка проблеми та мети дослідження, формулювання висновків щодо впливу ХД «Магнетофуд» на технологічні, структурно-механічні та фізико-хімічні характеристики тіста й органолептичні показники хліба, у тому числі в процесі зберігання.*

4. Левитин Е. Я., Ведерникова И. А., Оноприенко Т. А., Цихановская И. В. Изучение структуры и температурных превращений синтезированных частиц магнетита // *Фармаком.* 2007. № 1. С. 61–63. *Внесок здобувача: дослідження та визначення температурних перетворень Fe₃O₄ методами диференційно-термічного та термогравіметричного аналізу, аналіз результатів дослідження.*

5. Левитин Е. Я., Ведерникова И. А., Александров А. В., Цихановская И. В., Довгопол И. В., Антоненко О. В. Исследование электроповерхностных свойств магнетитовых дисперсных систем на водной основе // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* 2007. № 3/4 (27). С. 16–18. *Внесок здобувача: визначення закономірностей між величиною ξ -потенціалу і стійкістю водних суспензій різного складу з наночастинками Fe₃O₄, узагальнення результатів.*

6. Левитин Е. Я., Ведерникова И. А., Александров А. В., Цихановская И. В., Довгопол И. В., Панаётова Т. Д. Магнитные жидкости: исследование седиментационной и агрегативной устойчивости // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* 2007. № 3/4 (27). С. 22–26. *Внесок здобувача: визначення закономірностей між седиментаційною й агрегативною стійкістю водних суспензій різного складу з наночастинками Fe₃O₄, узагальнення результатів.*

7. Ілюха М. Г., Барсова З. В., Тимофеева В. П., Цихановська І. В., Ведерникова І. О. Нанохімічна технологія магнетиту // *Хімічна промисловість України.* 2009. № 5(94). С. 37–41. *Внесок здобувача: обґрунтування шляхом термодинамічних розрахунків технологічних параметрів та режимів виробництва наночастинок Fe₃O₄, керівництво експериментальними дослідженнями.*

8. Ілюха Н. Г., Цихановская И. В., Барсова З. В., Коваленко В. А. Технология производства и показатели качества пищевой добавки на основе магнетита // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* 2010. № 6/10 (48). С. 32–35. *Внесок здобувача: аналіз сучасних методів одержання*

феритових наночастинок, обґрунтування та розробка технологічних параметрів виробництва харчової добавки, визначення мікробіологічних показників добавки та узагальнення результатів дослідження.

9. Цихановская И. В., Денисова А. Ю., Скородумова О. Б., Левитин Е. Я., Коваленко В. А., Александров А. В., Барсова З. В. Изучение растворимости магнетита в условиях, имитирующих пищеварительные процессы желудочно-кишечного тракта // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. № 6/6 (60). С. 29–31. **Стаття у фаховому виданні України.** Внесок здобувача: планування експериментальних досліджень з визначення кінетики розчинення наночастинок Fe_3O_4 у кислому середовищі ($pH=1,8...5,0$), узагальнення результатів, формулювання висновків.

10. Александров О. В., Цихановська І. В., Барсова З. В., Ілюха М. Г. Визначення ефективності використання магнетиту в ліпідо-магнетитових суспензіях // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2014. № 3/6 (69). С. 4–8. **Стаття у фаховому виданні України.** Внесок здобувача: постановка проблеми, планування експериментальних досліджень з визначення механізму стійкості жирових суспензій з наночастинками Fe_3O_4 , формулювання висновків.

11. Александров А. В., Цихановская И. В., Барсова З. В. Синтез и исследование кинетики растворения магнетита в модельных средах // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2015. № 5/7 (25). С. 31–32. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** Внесок здобувача: розробка алгоритму дослідження, формулювання висновків.

12. Цихановська І. В., Демидов І. М., Барсова З. В., Павлоцька Л. Ф. Дослідження процесів окиснювальних та термічних перетворень в системі: олія-ліпідо-магнетитова суспензія // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків: ХДУХТ, 2015. Вип. 1 (21), С. 353–362. Внесок здобувача: постановка проблеми та визначення мети дослідження, формулювання висновків щодо залежності ступеня окиснення жирів від дії наночастинок Fe_3O_4 .

13. Alexandrov A., Tsykhanovska I., Gontar T., Kokodiy N., Dotsenko N. The study of nanoparticles of magnetite of the lipid-magnetite suspensions by methods of photometry and electronic microscopy // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2016. № 4/11 (82). P. 51–61. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus).** Внесок здобувача: наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження спектрофотометричної методики визначення кількості частинок у магнетофудово-жировій суспензії та її стійкості, узагальнення результатів.

14. Alexandrov A., Tsykhanovska I., Gontar T., Kokodiy N. Research of sedimentation stability of lipid-magnetite suspensions by the method of spectrophotometry // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. № 3/11 (81). P. 4–15. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до**

міжнародних наукометричних баз даних (Scopus). *Внесок здобувача: розробка алгоритму дослідження стабілізації жирових суспензій з наночастинками Fe_3O_4 , формулювання висновків.*

15. Alexandrov A., Tsykhanovska I., Gontar T., Kokodiy N., Dotsenko N. Stability and morphological characteristics of lipid – magnetite suspensions // Eureka: Life Sciences. 2016. Vol. 3 (3). № 3. P. 14–25. **Стаття у науковому періодичному виданні Естонської Республіки.** *Внесок здобувача: дослідження морфологічних характеристик жирових суспензій з НЧ Fe_3O_4 , узагальнення отриманих даних.*

16. Цихановська І. В., Демидов І. М., Александров О. В., Гонтар Т. Б., Павлоцька Л. Ф. Дослідження впливу біологічно активної добавки на процеси окиснення ліпідів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків: ХДУХТ, 2017. Вип. 2 (26). С. 251–262. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: керівництво дослідженнями з визначення антиоксидантної дії наночастинок Fe_3O_4 , узагальнення одержаних даних.*

17. Цихановська І. В., Скуріхіна Л. А., Александров О. В., Гонтар Т. Б. Дослідження впливу біологічно активної добавки на якість м'ясних посічених напівфабрикатів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків: ХДУХТ, 2017. Вип. 1 (25), С. 302–313. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: дослідження впливу наночастинок Fe_3O_4 на показники якості м'ясних посічених напівфабрикатів, формулювання висновків.*

18. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Svidlo K., Gontar T.. Influence of the polyfunctional food supplement «Magnetofood» on the quality of the wheat-rye bread «Kharkiv Rodnichok» in the storage process // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 5/11 (89). P. 61–70. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus).** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування рецептурного складу житньо-пшеничного хліба з харчовою добавкою «Магнетофуд», узагальнення одержаних даних.*

19. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazareva T., Svidlo K., Gontar T. Design of technology for the rye-wheat bread «Kharkivski rodnichok» with the addition of polyfunctional food additive «Magnetofood» // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 6/11 (90). P. 48–58. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus).** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження технологічних параметрів та режимів виробництва житньо-пшеничного хліба «Харківський родничок» з харчовою добавкою «Магнетофуд», узагальнення результатів та формулювання висновків.*

20. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Svidlo K., Gontar T. Research quality of the wheat-rye bread with addition of the polyfunctional food supplement

«Magnetofood» // Eureka: Life Sciences. 2017. Vol. 5 (11). № 5. P. 45–52. **Стаття у науковому періодичному виданні Естонської Республіки.** *Внесок здобувача: узагальнення результатів досліджень щодо раціональної кількості ХД «Магнетофуд» у рецептурі житньо-пшеничного хліба та її впливу на функціонально-технологічні властивості тіста та показники якості виготовленого з нього хлібу, формулювання висновків.*

21. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazareva T., Svidlo K., Gontar T. Research into technological indicators of a rye-wheat dough semi-finished product with the addition of the polyfunctional food supplement «Magnetofood» // Eureka: Life Sciences. 2017. Vol. 6 (12). № 6. P. 43–50. **Стаття у науковому періодичному виданні Естонської Республіки.** *Внесок здобувача: дослідження впливу ХД «Магнетофуд» на органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники житньо-пшеничного хліба, узагальнення результатів.*

22. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazareva T., Svidlo K., Gontar T., Yurchenko L., Pavlotska L. Substantiation of the mechanism of interaction between biopolymers of rye-and-wheat flour and the nanoparticles of the «Magnetofood» food additive in order to improve moisture-retaining capacity of Dough // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 2/11 (92). P. 70–80. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus).** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування та планування експериментальних досліджень із доведення механізму водозв'язуючої та водоутримуючої здатності наночастинками «Магнетофуд» у тісті, узагальнення результатів.*

23. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazareva T., Yevlash T. Substantiation of the mechanism of interaction of between the carbohydrates of rye-wheat flour and nanoparticles of the polyfunctional food additive «Magnetofood» // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 3 /11 (93). P. 59–68. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus).** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження «кластерно-капілярного» механізму водозв'язуючої та водоутримуючої здатності наночастинками «Магнетофуд» у вуглеводних системах, узагальнення одержаних даних та формулювання висновків.*

24. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazareva T., Bryzytska O. Substantiation of the interaction between the lipo- and glucoproteids of rye-wheat flour and nanoparticles of the food additive «Magnetofood» // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 4/11 (94). P. 61–68. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus).** *Внесок здобувача: визначення механізму водозв'язуючої та водоутримуючої здатності наночастинок «Магнетофуд» на модельних системах, що містять складні білки.*

25. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazareva T., Svidlo K., Gontar T., Yurchenko L., Pavlotska L. Investigation of the moisture-retaining power of rye-wheat gluten and flour with polyfunctional food supplement «Magnetofood» //

Eureka: Life Sciences. 2018. Vol. 2 (14). № 2. P. 67–76. **Стаття у науковому періодичному виданні Естонської Республіки.** *Внесок здобувача: дослідження впливу ХД «Магнетофуд» на функціонально-технологічні властивості, зокрема водоутримуючу здатність житньо-пшеничного борошна, узагальнення отриманих даних.*

26. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazareva T., Yevlash T. Investigation of the water-retaining capacity of the carbohydrate complex of rye-wheat dough with addition of polyfunctional food supplement «Magnetofood» // Eureka: Life Sciences. 2018. Vol. 3 (15). № 3. P. 56–64. **Стаття у науковому періодичному виданні Естонської Республіки.** *Внесок здобувача: дослідження впливу ХД «Магнетофуд» на форми зв'язку вологи в житньо-пшеничному тісті, узагальнення результатів.*

27. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Lazareva T., Bryzytska O. Investigation of the water-retaining capacity of the carbohydrate complex of rye-wheat dough with addition of polyfunctional food supplement «Magnetofood» // Eureka: Life Sciences. 2018. Vol. 4 (16). № 4. P. 63–68. **Стаття у науковому періодичному виданні Естонської Республіки.** *Внесок здобувача: дослідження впливу ХД «Магнетофуд» на функціонально-технологічні властивості житньо-пшеничного тіста, формулювання висновків.*

28. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Gontar T. Mechanism of fat-binding and fat-contenting of the nanoparticles of a food supplement on the basis of double oxide of two- and trivalent iron // Ukrainian Food Journal. 2018. Vol. 7. № 4. P. 702–715. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Web of Science).** *Внесок здобувача: визначення жирозв'язування та жирутримання НЧ «Магнетофуд», формулювання висновків. L.*

29. Tsykhanovska I., Skurikhina, Evlash V., Pavlotska L. Formation of the functional and technological properties of the beef minced meat by using the food additive on the nanopowder basis of double oxide of two- and trivalent iron // Ukrainian Food Journal. 2018. Vol. 7. № 3. P. 379–396. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Web of Science).** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження взаємозв'язку між фізико-хімічними властивостями НЧ «Магнетофуд» та функціонально-технологічними показниками м'ясних посічених виробів, узагальнення експериментальних даних.*

30. Yurchenko L., Tsykhanovska I., Prikhodko E. Technique of low temperature processing of ground beef meat semi-finished products, modified with food supplement «Magnetofood» // Problems of Cryobiology and Cryomedicine. 2018. № 28 (2). P. 190. **Стаття у виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus).** *Внесок здобувача: дослідження впливу наночастинок харчової добавки «Магнетофуд» (Fe_3O_4) на процеси заморожування-розморозування м'ясної сировини.*

31. Цихановська І. В., Євлаш В. В., Скуріхіна Л. А., Павлоцька Л. Ф. Удосконалення технології біфштексів з яловичини з використанням харчової добавки «Магнетофуд» // Науковий вісник Полтавського університету

економіки і торгівлі. Технічні науки / ПУЕТ. Полтава, 2018. № 1 (85). С. 39–50. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування параметрів та моделі технологічної системи виробництва.*

32. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Khamitova B., Svidlo K., Nechuiiviter O. Forming the structure of whipped desserts when introducing the food additive «Magnetofood» to their formulation // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. № 2/11 (98). P. 45–55. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus).** *Внесок здобувача: планування експериментальних досліджень з визначення впливу наночастинок «Магнетофуд» на формування структурно-механічних властивостей збитих ягідно-плодових десертів, формулювання висновків.*

33. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Khamitova B., Svidlo K., Nechuiiviter O. Improving the technique of scrambled desserts using the food supplement «Magnetofood» // Eureka: Life Sciences. 2019. Vol. 2 (20). № 2. P. 40–48. **Стаття у науковому періодичному виданні Естонської Республіки.** *Внесок здобувача: планування експериментальних досліджень із визначення раціональних параметрів виробництва збитих ягідно-плодових десертів, формулювання висновків.*

34. Tsykhanovska I., Evlash V., Khamitova B., Urazbaieva K., Aleksandrov O., Kaida N. Influence of the «Magnetofood» food supplement on the structural and mechanical properties of molded fruit jelly with various structure-forming agents // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Нові рішення в сучасних технологіях / НТУ «ХПІ». Харків, 2019. № 5 (1330). С. 175–186. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: узагальнення сучасних відомостей про способи наномодифікації властивостей гелеподібних мас, визначення взаємозв'язку між їх структурою та функціонально-технологічними властивостями в разі внесення НЧ «Магнетофуд».*

35. Tsykhanovska I. Development of molded jelly marmelad technology with the introduction of food additive «Magnetofood» // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Нові рішення в сучасних технологіях / НТУ «ХПІ». Харків, 2019. № 10 (1335). С. 109–119. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.**

36. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Gontar T. Dissolution kinetics of Fe_3O_4 nanoparticles in the acid media // Chemistry & Chemical technology. 2019. Vol. 13. № 2. P. 170–184. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus).** *Внесок здобувача: розробка алгоритму дослідження обмеженої розчинності НЧ харчової добавки «Магнетофуд» (Fe_3O_4) у кислому середовищі, визначення механізму розчинення, узагальнення отриманих результатів.*

37. Цихановська І. В., Євлаш В. В., Лазарева Т. А., Шингісов А. У. Дослідження структурно-механічних показників та піноутворення зефірних мас з різними структуроутворювачами при введенні в рецептуру харчової добавки

«Магнетофуд» // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Т. 2. Вип. 19. С. 168–189. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: узагальнення результатів досліджень щодо впливу ХД «Магнетофуд» на структурно-механічні показники та піноутворення зефірних мас із різними структуроутворювачами.*

38. Александров О. В., Цихановська І. В., Кайда Н. С., Євлаш В. В. Розробка рецептури сиркового десерту «Слоненя» з використанням харчової добавки «Магнетофуд» // Наукові праці Національного університету харчових технологій / НУХТ. Київ, 2019. Т. 25. № 1. С. 169–179. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування рецептурного складу десерту із сиру кисломолочного, формулювання висновків.*

39. Цихановська І. В., Євлаш В. В., Александров О. В., Кайда Н. С., Коваленко З. І. Удосконалення технології зефіру біло-рожевого з використанням харчової добавки «Магнетофуд» // Наукові праці Національного університету харчових технологій / НУХТ. Київ, 2019. Т. 25. № 2. С. 186–203. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: розробка алгоритму дослідження структурно-механічних, технологічних характеристик та показників якості й безпечності зефіру біло-рожевого зі ХДМ, формулювання висновків.*

40. Цихановська І. В. Удосконалення технології вівсяного печива шляхом введення до рецептури харчової добавки «Магнетофуд» на основі дво- та тривалентного заліза // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2019. Вип. 1 (29). С. 43–56. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.**

41. Kruhlova O., Yevlash V., Tsykhanovska I., Alexandrov A., Yevlash T. SWOT Analysis of innovative products containing food additive «Magnetofood» // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2019. № 3/4 (47). С. 4–11. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: розробка алгоритму дослідження, формулювання висновків.*

42. Tsykhanovska I. Formation of functional and technological properties of flour dough and quality of finished products in the technology of custard gingerbread with the use of «Magnetofood» food additive // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2019. № 3/3 (47). С. 26–32. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.**

43. Tsykhanovska I. The formation of functional and technological properties of the dough and quality indicators of oatmeal cookies with the use of «Magnetofood» food additive // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2019. № 4/3 (48). С. 26–30. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.**

44. Tsykhanovska I., Skurikhina L., Evlash V., Pavlotska L. Influence of food

additive «Magnetofood» on physical and chemical parameters, functional properties of model minced meat systems // Food Science and Technology. 2019. Vol. 13. Issue 2. P. 87–96. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Web of Science).** *Внесок здобувача: дослідження впливу ХД «Магнетофуд» на структурно-механічні, технологічні та фізико-хімічні показники м'ясних фаршів з яловичини, узагальнення отриманих даних.*

45. Kruhlova O., Yevlash T., Evlash V., Tsykhanovska I., Potapov V. Comprehensive analysis of food production efficiency using nanoparticles of nutritional supplements on the basis of oxides of two and three valence iron «Magnetofood» // Ukrainian Food Journal. 2019. Vol. 8. Issue 2. P. 400–416. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Web of Science).** *Внесок здобувача: експериментальне підтвердження робочої гіпотези, узагальнення отриманих даних.*

46. Спосіб одержання рослинної олії з залізовмісною антиоксидантною добавкою: пат. на кор. модель 120971 Україна: МПК (2006.01) A23 D 9/02, A23 D 7/02 / Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Гонтар Т. Б., Шматков Д. І.; патентовласник УПА. № u201705246; заявл. 29.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук сучасних способів одержання олій, розробка формули винаходу та його опис.*

47. Спосіб одержання рослинної олії з залізовмісною антиоксидантною добавкою: пат. на кор. модель 120974 Україна: МПК (2006.01) A23D 9/02, C11B 1/00 / Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Гонтар Т. Б., Шматков Д. І.; патентовласник УПА. № u201705249; заявл. 29.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук сучасних способів одержання олій з антиоксидантними добавками, розробка формули винаходу та його опис.*

48. Харчова добавка для хлібопечення: пат. на кор. модель 120975 Україна: МПК (2017.01) A21D 2/00, (2006.01) A21D 8/02 / Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Гонтар Т. Б., Шматков Д. І.; патентовласник УПА. № u201705251; заявл. 29.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук, визначення недоліків сучасних харчових добавок для хлібопечення, розробка формули винаходу та його опис.*

49. Спосіб виробництва біологічно активної добавки: пат. на кор. модель 120979 Україна: МПК (2006.01) A21D2/36, (2016.01), A23L 33/10 / Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Гонтар Т. Б., Кучеренко Н. С.; патентовласник УПА. № u201705261; заявл. 29.05.2017; опубл. 27.11.201, Бюл. № 22. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук сучасних способів одержання біологічно активних нанодобавок, розробка формули винаходу та його опис.*

50. Харчова добавка для м'ясних посічених напівфабрикатів: пат. на кор. модель 120977 Україна: МПК (2016.01) A 23L 13/40, A23L 33/10, A23L 33/115 / Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Гонтар Т. Б., Кучеренко Н. С.; патентовласник УПА. № u201705258; заявл. 29.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук,*

визначення недоліків сучасних харчових добавок для м'ясних посічених виробів, розробка формули винаходу та його опис.

51. Спосіб виробництва м'ясних посічених напівфабрикатів: пат. на кор. модель 120978 Україна: МПК (2016.01) A23L 13/40, A23L 13/60 / Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Гонтар Т. Б., Кучеренко Н. С.; патентовласник УПА. № u201705260; заявл. 29.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук та аналіз способів виробництва м'ясних посічених виробів, розробка формули винаходу та його опис.*

52. Харчова добавка «Магнетофуд»: пат. на кор. модель 126502 Україна: МПК (2016.01) A23L 13/40, A23L 33/10 / Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Гонтар Т. Б., Лазарева Т. А.; патентовласник УПА. № u201800133; заявл. 03.01.2018; опубл. 25.06.2018, Бюл. № 12. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук харчових (nanofood) добавок, розробка формули винаходу та його опис, підготовка заявки на видачу патенту.*

53. Спосіб одержання харчової добавки «Магнетофуд»: пат. на кор. модель 126507 Україна: МПК (2018.01) B82Y 40/00, B82B 1/00, B82B 3/00 / Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Гонтар Т. Б., Лазарева Т. А.; патентовласник УПА. № u201800138; заявл. 03.01.2018; опубл. 25.06.2018, Бюл. № 12. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук інноваційного способу одержання харчових (nanofood) добавок, розробка формули винаходу та його опис, підготовка заявки на видачу патенту.*

54. Спосіб виробництва мафінів функціонального призначення»: пат. на кор. модель 124813 Україна: МПК A21D 13/80 (2017.01), A21D 2/08 (2006.01), A21D 8/02 (2006.01) / Лазарева Т. А., Лазарев М. І., Благий О. С., Цихановська І. В.; патентовласник УПА. № u201710646; заявл. 02.11.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. № 8. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку, розробка формули винаходу та його опис, підготовка заявки на видачу патенту.*

55. Склад вівсяного печива функціонального призначення: пат. на кор. модель 131897 Україна: МПК (2018.01) A21D 2/36 (2006.01), A21D 13/80 (2017.01), A21G 3/36 (2006.01), A23L 29/00 (2017.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В.; патентовласник УПА. № u201806928; заявл. 20.06.2018; опубл. 11.02.2019, Бюл. № 3. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук, розробка формули винаходу та його опис, підготовка заявки на видачу патенту.*

56. Спосіб виробництва вівсяного печива функціонального призначення: пат. на кор. модель 134685 Україна: МПК (2019.01) A21D 13/80 (2017.01), A21D 8/00, A21G 2/02 (2006.01), A23L 33/10 (2016.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В.; патентовласник УПА. № u201900579; заявл. 21.01.2019; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук технології виробництва вівсяного печива, визначення його недоліків, розробка формули винаходу та його опис.*

57. Склад житньо-пшеничного хліба «Харківський струмочок»: пат. на кор. модель 134686 Україна: МПК A21D 8/02 (2006.01), A21D 2/02 (2006.01),

A23L 33/10 (2016.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В.; патентовласник УПА. № u201900581; заявл. 21.01.2019; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку рецептурного складу житньо-пшеничного хліба, розробка формули винаходу та його опис.*

58. Склад кондитерської глазури: пат. на кор. модель 134688 Україна: МПК A23G 3/20 (2006.01), A23L 33/10 (2016.01), A21D 22/02 (2006.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В.; патентовласник УПА. № u201900584; заявл. 21.01.2019; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку рецептурного складу кондитерської глазури, виявлення його недоліків, розробка формули винаходу та його опис.*

59. Склад зефіру функціонального призначення з агаром: пат. на кор. модель 134694 Україна: МПК A23L 21/00, A23L 21/10 (2016.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В., Онопрієнко Т. О.; патентовласник УПА. № u201900887; заявл. 29.01.2019; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку рецептурного складу біло-рожевого зефіру на агарі, розробка формули винаходу та його опис.*

60. Спосіб виробництва пряників функціонального призначення: пат. на кор. модель 134695 Україна: МПК A21D 13/80 (2017.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В.; патентовласник УПА. № u201900890; заявл. 29.01.2019; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10. 4 с. *Внесок здобувача: визначення недоліків існуючих способів виробництва заварних пряників, формулювання переваг розробленого способу, розробка формули винаходу та його опис.*

61. Склад формового желейного мармеладу функціонального призначення з агаром: пат. на кор. модель 134696 Україна: МПК (2019.01) A23L 21/00, A23L 21/10 (2016.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В., Кайда Н. С.; патентовласник УПА. № u201900893; заявл. 29.01.2019; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку рецептурного складу формового желейного мармеладу на агарі, розробка формули винаходу та його опис.*

62. Спосіб виробництва ягідно-плодового мусу функціонального призначення: пат. на кор. модель 134697, Україна, МПК A23L 21/10 (2016.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В., Кайда Н. С.; патентовласник УПА. № u201900895; заявл. 29.01.2019; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку способу одержання ягідно-плодових мусів, розробка формули винаходу та його опис.*

63. Склад ягідно-плодового мусу функціонального призначення: пат. на кор. модель 134698 Україна: МПК (2019.01) A23L 21/00 / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В., Гонтар Т. Б.; патентовласник УПА. № u201900896; заявл. 29.01.2019; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку рецептурного складу ягідно-плодового мусу, розробка формули винаходу та його опис.*

64. Склад зефіру функціонального призначення з пектином: пат. на кор. модель 134699 Україна: МПК (2019.01) A23L 21/00, A23L 21/10 (2016.01) / Цихановська І. В., Шматков Д. І.; патентовласник УПА. № u201900899; заявл.

29.01.2019; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку рецептурних складів біло-рожевого зефіру на пектині, розробка формули винаходу та його опис.*

65. Склад формового желейного мармеладу функціонального призначення з пектином: пат. на кор. модель 135081 Україна: МПК (2019.01) A23L 21/00, A23L 21/10 (2016.01) / Цихановська І. В., Шматков Д. І.; патентовласник УПА. № u201900892; заявл. 29.01.2019; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку рецептурного складу формового желейного мармеладу на пектині, виявлення його недоліків, розробка формули винаходу та його опис.*

66. Склад вівсяного печива функціонального призначення: пат. на кор. модель 135053 Україна: МПК A21D 13/80 (2017.01), A21D 2/02 (2006.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В.; патентовласник УПА. № u201900603; заявл. 21.01.2018; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук, визначення недоліків існуючих рецептур вівсяного печива, розробка формули винаходу та його опис.*

67. Склад м'ясних посічених напівфабрикатів: пат. на кор. модель 135054 Україна: МПК A23L 13/40 (2016.01), A23L 13/60 (2016.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В.; патентовласник УПА. № u201900606; заявл. 21.01.2019; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук, визначення недоліків існуючих рецептур м'ясних посічених напівфабрикатів, розробка формули винаходу та його опис.*

68. Спосіб виробництва житньо-пшеничного хліба «Харківський родичок»: пат. на кор. модель 135056 Україна: МПК A23L 13/40 (2016.01), A21D 8/02 (2006.01), A21D 2/02 (2006.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В.; патентовласник УПА. № u201900608; заявл. 21.01.2019; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук технології виробництва житньо-пшеничного хліба, визначення його недоліків, розробка формули винаходу та його опис.*

69. Склад пряників функціонального призначення: пат. на кор. модель 135082 Україна: МПК A21D 13/80 (2017.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В.; патентовласник УПА. № u201900894; заявл. 29.01.2019; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку способу одержання заварних пряників, аналіз його недоліків, розробка формули винаходу та його опис.*

70. Склад сиркового десерту: пат. на кор. модель 135083 Україна: МПК A23C 19/06 (2006.01) / Цихановська І. В., Євлаш В. В., Александров О. В., Гонтар Т. Б., Кошева О. Ю.; патентовласник УПА. № u201900897; заявл. 29.01.2019; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11. 4 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку рецептурного складу десерту з сиру кисломолочного, виявлення його недоліків, розробка формули винаходу та його опис.*

71. Спосіб виробництва сиркового десерту: пат. на кор. модель 135084 Україна: МПК (2019.01) A23C 19/076 (2006.01), A23C 23/00 / Цихановська І. В., Євлаш В. В., Александров О. В., Гонтар Т. Б., Кошева О. Ю.; патентовласник УПА. № u201900898; заявл. 29.01.2019; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11. 4 с.

Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку способу одержання десерту з сиру кисломолочного, розробка формули винаходу та його опис.

72. Спосіб виробництва плодово-ягідного самбуку функціонального призначення: пат. на кор. модель 135085 Україна: МПК (2019.01) A23L 21/00 / Цихановська І. В., Євлаш В. В., Александров О. В., Гонтар Т. Б.; патентовласник УПА. № u201900900; заявл. 29.01.2019; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11. 4 с. *Внесок здобувача: визначення недоліків існуючих способів виробництва плодово-ягідних самбуків, формулювання переваг розробленого способу, розробка формули винаходу та його опис.*

73. Спосіб виробництва формового желейного мармеладу функціонального призначення: пат. на кор. модель 135083 Україна: МПК A23L 29/20 (2016.01), A23L 21/10 (2016.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В., Кайда Н. С.; патентовласник УПА. № u201900889; заявл. 29.01.2019; опубл. 10.07.2019, Бюл. № 13. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук, розробка інноваційного способу виробництва формового желейного мармеладу, опрацювання формули винаходу та його опис.*

74. Спосіб виробництва зефіру функціонального призначення: пат. на кор. модель 135624 Україна: МПК A23L 21/10 (2016.01), A23L 29/10 (2016.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В., Юрченко Л. І.; патентовласник УПА. № u201900891; заявл. 29.01.2019; опубл. 10.07.2019, Бюл. № 13. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук технології виробництва зефіру біло-рожевого (на агарі і пектині), визначення його недоліків, розробка формули винаходу та його опис.*

75. Склад плодово-ягідного самбуку функціонального призначення: пат. на кор. модель 135625 Україна: МПК A23L 21/10 (2016.01), A23J 1/08 (2006.01) / Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Александров О. В., Кайда Н. С.; патентовласник УПА. № u201900901; заявл. 29.01.2019; опубл. 10.07.2019, Бюл. № 13. 4 с. *Внесок здобувача: патентний пошук, визначення недоліків сучасних способів одержання плодово-ягідних самбуків, розробка формули винаходу та його опис.*

76. Тарасюк Н. Л., Барсова З. В., Цихановська І. В. Технологія отримання олійно-магнетитових суспензій // Хімічні Каразінські читання – 2012 (ХКЧ'12): тези ІХ Всеукр. наук. конф., 23–26 квітня 2012 року / Харківський національний ун-т ім. В. Н. Каразіна. Харків, 2012. С. 326–327. *Внесок здобувача: визначено технологічні параметри стадії пептизації.*

77. Денисова А. Ю., Цихановская И. В., Скородумова О. Б., Тарасюк Н. Л. Разработка устойчивой липидо-магнетитовой суспензии // Актуальні проблеми харчової промисловості та ресторанного господарства. Сучасні питання підготовки кадрів: матеріали І Всеукр. наук.-практ. конф., 12–13 квітня 2012 р. / Луганський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. Луганськ, 2012. С. 155–160. *Внесок здобувача: визначено склад, технологічні параметри і режими виробництва ліпидо-магнетитових суспензій.*

78. Tajirov A., Cihanovskaja I. V., Barsova Z. V., Iuoykha N. G. Chemistry and technology of magnetite and barium-containing composite materials on its basis

// International Conference on European Science and Technology: materials of II International research and practice conference, 9th – 10th May 2012 / Wiesbaden, 2012. S. 80–87. *Внесок здобувача: методами термогравіметрії, електронної мікроскопії та рентгенофазового аналізу досліджено структуру та дисперсність наночастинок Fe_3O_4 відразу після одержання та протягом зберігання (1,5 місяця).*

79. Цихановська І. В., Денисова А. Ю., Скородумова О. Б., Гончаренко Я. М. та ін. Дослідження впливу жиру-магнетитової суспензії на термін зберігання тваринних жирів / Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфері торгівлі та послуг: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 19 листопада 2013 р.: у 2 ч. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2013. С. 39. *Внесок здобувача: досліджено вплив наночастинок Fe_3O_4 у вигляді жирових суспензій на термін зберігання тваринних жирів.*

80. Цихановська І. В., Павлоцька Л. Ф., Денисова А. Ю., Скородумова О. Б. та ін. Дослідження стійкості комплексної харчової добавки спектро-фотометричним методом // Les problemes contemporains de la technosphere et de la formation des cadres d'ingenieurs. Recueil des exposes des participants: materials of VII Internationale Scientifique Conference et methodique, 08–17 octobre 2013. Donetsk, 2013. P. 180–184. *Внесок здобувача: розроблено методику спектрофотометричного визначення стабільності жирових суспензій із наночастинами Fe_3O_4 .*

81. Цихановська І., Сніжко А., Денисова А., Скородумова О. Розробка комплексної харчової добавки на основі стабілізованих ліпідом-магнетитових суспензій // Львівські хімічні читання – 2013: тези XIV наук. конф., 26–29 травня 2013 р. / Львівський національний ун-т ім. Івана Франка. Львів, 2013. С. 186. *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технологію виробництва харчової добавки на основі жиру-магнетитової суспензії для виробництва кондитерських виробів.*

82. Цихановська І. В., Чуракова В. М., Ілюха М. Г., Барсова З. В. Використання методу хімічної конденсації для синтезу частинок магнетиту – об'єктів нанотехнологій // Хімічні Каразінські читання – 2014 (ХКЧ'14): тези VI Всеукр. наук. конф., 22–24 квітня 2014 р. / Харківський національний ун-т імені В. Н. Каразіна. Харків, 2014. С. 293–294. *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технологію виробництва наночастинок харчової добавки на основі подвійного оксиду заліза (Fe_3O_4).*

83. Цихановська І. В., Бершадський Б. В., Барсова З. В., Александров О. В. та ін. Дослідження процесів окиснювальних та термічних перетворень в системі «оліє-ліпідом-магнетитова суспензія» // Хімічні Каразінські читання – 2015 (ХКЧ'15): тези VII Всеукр. конф. 20–22 квітня 2015 р. / Харківський національний ун-т імені В. Н. Каразіна. Харків, 2015. С. 117–118. *Внесок здобувача: визначено вплив наночастинок Fe_3O_4 на окисні процеси в жирах під час їх термообробки.*

84. Скородумова О. Б., Цихановская И. В., Денисова А. Ю. Изучение растворимости ультратонкого магнетита в отделах ЖКТ // Прогресивні техніка

та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 18 жовтня 2012 р.: у 2 ч. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2012. С. 88–89. *Внесок здобувача: визначено обмежену розчинність наночастинок Fe_3O_4 в модельних середовищах ($pH=1,8...5,0$) та розраховано товщину активного приповерхневого шару.*

85. Цихановська І. В., Босенко В. О., Павлоцька Л. Ф., Коваленко В. О. та ін. Підвищення біологічної та харчової цінності кулінарних виробів // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді: тези Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених та студентів, 2 квітня 2015 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2015. Ч.1. С. 111. *Внесок здобувача: визначено перспективи використання наночастинок Fe_3O_4 у вигляді жирових суспензій у технологіях кулінарної продукції.*

86. Александров О. В., Цихановська І. В., Павлоцька Л. Ф., Цибань Л. С. Якість магнетито-ліпідних емульсій і перспективи їх використання // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 19 травня 2016 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2016. С. 387–388. *Внесок здобувача: визначено перспективи використання магнетито-ліпідних емульсій у технологіях кулінарної продукції.*

87. Цихановская И. В. Бершадский Б. Я., Барсова З. В. Оценка устойчивости липидо-магнетитовых суспензий на основе растительных масел // Хімічні Каразінські читання – 2016 (ХКЧ'16): тези VIII Всеукр. наук. конф., 18–20 квітня 2016 р. / Харківський національний ун-т імені В. Н. Каразіна. Харків, 2016. С. 134. *Внесок здобувача: визначено вплив наночастинок Fe_3O_4 на стійкість жирових суспензій із метою їх стабілізації.*

88. Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Скуріхіна Л. А. Вплив жиром-магнетитової суспензії на функціонально-технологічні показники яловичого фаршу // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. до 85-річчя Таврійського державного агротехнологічного університету та 50-річчя Харківського державного університету харчування та торгівлі, 5–7 вересня 2017 р. / ТДАТУ, ХДУХТ. Харків, Мелітополь, Кирилівка, 2017. С. 247–248. *Внесок здобувача: визначено вплив наночастинок Fe_3O_4 на функціонально-технологічні властивості фаршів із яловичини.*

89. Цихановська І. В., Александров О. В., Гонтар Т. Б., Євлаш В. В. та ін. Удосконалення технології виробництва житнього хліба, збагаченого харчовою добавкою комплексної дії // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. до 85-річчя Таврійського державного агротехнологічного університету та 50-річчя Харківського державного університету харчування та торгівлі, 5–7 вересня 2017 р. / ТДАТУ, ХДУХТ. Харків, Мелітополь, Кирилівка, 2017. С. 245–246. *Внесок здобувача: розроблено рецептурний склад житнього хліба з додаванням наночастинок Fe_3O_4 .*

90. Цихановская И. В., Александров А. В., Гонтар Т. Б., Павлоцкая Л. Ф. Исследование влияния биологически активной добавки на процессы окисления растительных масел // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: тезисы III Междунар. науч.-практ. конф., 23–24 марта 2017 г. / Белорусский государственный аграрный технический университет. Минск, 2017. С. 170–173. *Внесок здобувача: досліджено кислотне, йодне та пероксидне числа в системі «олія+НЧ Fe₃O₄».*

91. Цихановська І. В., Скуріхіна Л. А., Павлоцька Л. Ф. Дослідження впливу залізовмісної біологічно активної добавки на процеси перетравлюваності білків / Розвиток харчових виробництв ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 18 травня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2017. С. 157–159. *Внесок здобувача: визначено перетравлюваність білків м'ясних посічених виробів під впливом наночастинок Fe₃O₄.*

92. Цихановська І. В., Александров О. В., Гонтар Т. Б., Павлоцька Л. Ф. Отримання та дослідження ліпідо-магнетитових суспензій // Розвиток харчових виробництв ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 18 травня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2017. С. 332–333. *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технологію отримання ліпідо-магнетитових суспензій.*

93. Цихановська І. В., Александров О. В., Гонтар Т. Б., Павлоцька Л. Ф. Показники якості харчової добавки на основі магнетиту // Розвиток харчових виробництв ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 18 травня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2017. С. 334–335. *Внесок здобувача: визначено показники якості харчової добавки на основі магнетиту.*

94. Цихановська І. В., Скуріхіна Л. А., Павлоцька Л. Ф., Димитрієвич Л. Р. Використання жиром-магнетитової суспензії для підвищення харчової цінності «Сухофрукти в шоколаді» // Технологии XXI. Прогрессивные технологии в пищевой промышленности века: тезисы 23 междунар. науч.-практ. конф., 11–16 сентября 2017 г. / Сумська філія Харк. національного ун-т внутрішніх справ. Сумы, Одесса, Ч. 1. 2017. С. 51–52. *Внесок здобувача: визначено функціонально-технологічні властивості жиром-магнетитової суспензії для виробництва кондитерських виробів.*

95. Цихановська І. В., Блонська Д. С., Чернуха Я. І., Євлаш В. В. та ін. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на показники якості вівсяного печива // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємства: наукові пошуки молоді: тези Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, 19 квітня 2018 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2018. С. 71. *Внесок здобувача: визначено вплив харчової добавки «Магнетофуд» на показники якості вівсяного печива.*

96. Цихановська І. В., Юрченко Л. І., Приходько О. Ю. Технологія низькотемпературної обробки м'ясних напівфабрикатів на основі яловичого

фаршу, модифікованого добавкою «Магнетофуд» // Холод в біології та медицині – 2018: тези 42 щорічної конф. молодих вчених, присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії наук України, 23–24 травня 2018 р. / Національна академія наук України, Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, кафедра UNESCO з кріобіології. Харків, 2018. С. 30. *Внесок здобувача: визначено вплив наночастинок харчової добавки «Магнетофуд» на зворотні процеси заморожування-разморожування у м'ясній сировині.*

97. Цихановська І. В., Євлаш В. В., Уразбаєва К. А. Формування технологічних властивостей желейних мас з використанням харчової добавки «Магнетофуд» // Підприємництво, торгівля: теоретичні підходи та практичні аспекти: матеріали I Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 27–28 листопада 2018 р. / Полтавський ун-т екон. та торг. Полтава, 2018. С. 126–128. *Внесок здобувача: визначено вплив наночастинок харчової добавки «Магнетофуд» на структурно-механічні властивості гелеподібних мас.*

98. Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В. Розробка технології житньо-пшеничного хліба «Харківський родничок» з додаванням поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» // Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві: матеріали Міжнар. спец. наук.-практ. конф. / Національний ун-т харч. технол. Київ, 2018. С. 54–56. *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технологію виробництва житньо-пшеничного хліба «Харківський родничок» з ХД «Магнетофуд».*

99. Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В. Удосконалення технології вівсяного печива з додаванням харчової добавки «Магнетофуд» // Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі: матеріали Міжнар. спец. наук.-практ. конф. / Національний ун-т харч. технол. Київ, 2018. С. 97–100. *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технологію виробництва вівсяного печива з ХД «Магнетофуд».*

100. Цихановська І. В., Александров О. В., Товма Л. Ф., Євлаш В. В. Сирний десерт, збагачений поліфункціональною харчовою добавкою «Магнетофуд» для покращення якості харчування військовослужбовців // Актуальні проблеми тилового забезпечення Національної гвардії України: тези Круглого столу Національної академії Національної гвардії України, 19 червня 2018 р. / Національна академія нац. гвардії України. Харків, 2018. С. 5–13. *Внесок здобувача: визначено вплив наночастинок харчової добавки «Магнетофуд» на структурно-механічні, мікробіологічні та органолептичні властивості десерту з сиру кисломолочного.*

101. Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В., Скуріхіна Л. А. Розробка технології біфштекса «Козацький» з додаванням поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» // Технології харчових продуктів і комбікормів: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 24–29 вересня 2018 р. / Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2018. С. 48–50. *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технологію біфштекса «Козацький» із додаванням ХД «Магнетофуд».*

102. Цихановська І. В., Александров О. В., Євлаш В. В. Розробка

технології сирного десерту з додаванням поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» // Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: програма та тези VII-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 6–7 листопада 2018 р. / Національний ун-т харч. технол. Київ, 2018. С. 131–132. *Внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано технологію сиркового десерту із додаванням ХД «Магнетофуд».*

103. Tsykhanovska I., Oleinik D., Alexandrov A. Substantiation of the mechanism of interaction between biopolymers of flour and the nanoparticles of the «Magnetofood» food additive // Book of Abstracts Conference of Young Scientists at East West Chemistry Conference, 10–11 October 2018 / Lviv Polytechnic National University. Lviv, 2018. P. 32–33. *Внесок здобувача: обґрунтовано механізм сольватації наночастинок ХД «Магнетофуд» диполями води.*

104. Цихановська І. В., Євлаш В. В. Використання наночастинок природних мінералів у харчових технологіях // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2019 р. у 2 ч. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2019. С. 5–6. *Внесок здобувача: сформульовано основні тенденції розвитку сегмента структуроутворюючих харчових наноінгредієнтів природних мінералів в Україні.*

105. Цихановська І. В., Євлаш В. В., Круглова О. А., Євлаш Т. О. Економічна ефективність упровадження у виробництво інноваційної продукції // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2019 р.: у 2 ч. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2019. С. 25–26. *Внесок здобувача: визначено економічну ефективність упровадження у виробництво інноваційної продукції з ХД «Магнетофуд».*

АНОТАЦІЯ

Цихановська І. В. Наукове обґрунтування технологій харчових продуктів із поліфазною структурою з використанням наночастинок оксидів заліза. – 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, 2019.

Дисертаційна робота присвячена обґрунтуванню наукових засад і розробленню практичних рішень щодо використання функціонально-технологічного потенціалу наночастинок мінерального походження у харчовій продукції з поліфазною структурою, що дасть змогу покращити споживні властивості готової продукції. Із цією метою запропоновано концепцію роботи: сформований у ході виробництва функціонально-технологічний потенціал наночастинок мінерального походження, зокрема оксидів заліза, зумовлений фізико-хімічними показниками і колоїдними властивостями, є основою для вдосконалення і розроблення наукоємних харчових нанотехнологій,

адаптованих для різних умов виробництва (підприємств харчової галузі, закладів ресторанного господарства і т.п.), покращення показників якості, подовження термінів зберігання харчової продукції та отримання доданої вартості.

Теоретично обгрунтовано та експериментально доведено раціональні технологічні параметри виробництва харчової добавки «Магнетофуд» на основі оксидів заліза, що зумовлюють потрібні фізико-хімічні показники, показники якості й безпечності цієї добавки. Розроблено технології хлібобулочної, кондитерської, кулінарної продукції з використанням харчової добавки «Магнетофуд».

Ключові слова: харчова добавка «Магнетофуд», наночастинки оксидів заліза, харчова продукція з поліфазною структурою, кластерофільність, Пікерінг-стабілізація.

АННОТАЦИЯ

Цихановская И. В. Научное обоснование технологий пищевых продуктов с полифазной структурой с использованием наночастиц оксидов железа. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.16 – технология пищевой продукции. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2019.

Диссертация посвящена обоснованию научных основ и разработке практических решений по использованию функционально-технологического потенциала наночастиц минерального происхождения в пищевой продукции с полифазной структурой, что позволит улучшить потребительские свойства готовой продукции. С этой целью предложена концепция работы: сформированный в ходе производства функционально-технологический потенциал наночастиц минерального происхождения, в частности оксидов железа, который обусловлен физико-химическими показателями и коллоидными свойствами, является основой для усовершенствования и разработки наукоемких пищевых нанотехнологий, адаптированных для различных условий производства (предприятий пищевой отрасли, заведений ресторанного хозяйства и т.п.), улучшения показателей качества, увеличения сроков хранения пищевой продукции и получения добавочной стоимости.

Теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены рациональные технологические параметры производства пищевой добавки «Магнетофуд» на основе оксидов железа, обуславливающие необходимые физико-химические показатели, показатели качества и безопасности этой добавки. Разработаны технологии хлебобулочной, кондитерской, кулінарної продукції з використанням харчової добавки «Магнетофуд».

Ключевые слова: пищевая добавка «Магнетофуд», наночастицы оксидов железа, пищевая продукция с полифазной структурой, кластерофільність, Пікерінг-стабілізація.

ANNOTATION

Tsykhanovska I. Scientific substantiation of food products technology with polyphase structure using nanoparticles of iron oxides. – Manuscript.

Thesis for the competition of a degree of Doctor of Engineering by 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, 2019.

The dissertation is devoted to the substantiation of scientific bases and development of practical decisions concerning the use of functional and technological potential of mineral nanoparticles in food products with polyphase dispersed structure, which will allow to improve consumer properties of finished products. For this purpose, the concept of work is proposed: functional and technological potential of mineral nanoparticles, (iron oxides, in particular) formed in the course of production, caused by physico-chemical parameters and colloidal properties, is the basis for the improvement and development of knowledge-intensive food nanotechnologies adapted to various manufacturing conditions (food industry enterprises, restaurants, etc.), improvement of quality indicators, extension of the shelf life of foodstuffs and obtaining added cost.

To evaluate the effectiveness of achieving this purpose, it is proposed to use modern methods of investigating functional and technological properties, quality and safety indicators of food raw materials, semi-finished products and foodstuffs.

Rational technological parameters for the manufacture of "Magnetofood" dietary supplement based on iron oxides are theoretically substantiated and experimentally proved:

- the model of «close contact», which ensures steady distribution of components in the solvent during the dissolution of salts Fe (II) and Fe (III) (10% solution) ($\tau=(3...5)\times 60s$, $t=45...50^{\circ}C$ $n=1,6...1,7 s^{-1}$) and in the dispersion medium;
- alkaline coprecipitation of Fe salts with the effect of solubilization ($pH=10...11$; $t=45...55^{\circ}C$; mixing rate $n=24,9...25,1 s^{-1}$; 1,7...1,8 times the excess salt of Fe (II); 10...10.5 times the excess of $NH_3\cdot H_2O$; in the ratio $Fe^{3+}/Fe^{2+}=2:1,75$; use of $FeSO_4\cdot 7H_2O$, $FeCl_3\cdot 6H_2O$ and $NH_3\cdot H_2O$ as raw material components, which determine the required quality indicators of the additive.

Organoleptic, microbiological and physico-chemical parameters of «Magnetofood» dietary supplement are determined that confirms its safety, purity and ability to obtain stable suspensions.

The regularities are determined, water and fat suspensions as a technological medium for the introduction of «Magnetofood» dietary supplement in foods with emulsion, emulsion-suspension, foam and gel structures are obtained based on a comprehensive study of the surface-active properties of «Magnetofood» dietary supplement (surface tension in polar and non-polar solvents, edge angles of wetting

with water and sunflower oil, ξ -potential, TG-analysis, IR-spectroscopy and electron microscopy),.

The regularities of LF «Magnetofood» dietary supplement interaction with water, proteins, polysaccharides and fats by the types are determined: «solvate complex», «cluster», «clathrate», «cavitate», «complex sandwich», implemented in the proposed physico-chemical models with water and fat-holding ability of a food additive: «cluster-looped» (in the systems simultaneously containing proteins and carbohydrates, in particular starch), «cluster-capillary» (in carbohydrate solutions) and «two-layer coordination» (based on electrostatic and coordination relationships of the nanoparticles with polar groups of fats – «the first adsorption layer» with subsequent electrostatic interactions of its hydrophobic centers with acyl residues of triglycerides – «the second adsorption layer»).

It is proved that the proposed mechanism of water-holding ability, which a nutritional supplement possesses, changes the ratio of free and chemically bound moisture towards the physico-chemical form, which relates to «clustrophilicity» and the ability of nanoparticles to create aqua associates. This fact stipulates improvement of consumer properties of rye-wheat bread and flour confectionery (custard gingerbread, oatmeal cookies) with «Magnetofood» dietary supplement during all period of regulated storage.

Rational mass fraction of «Magnetofood» dietary supplement (which is 0.15% (or 0.10% for meat chopped products) by the weight of the recipe mixture) for the introduction into food products with the polyphase structure (in particular, bakery, culinary, confectionery).

The technology of rye-wheat bread «Kharkiv Springlet», custard gingerbread «Kharkiv», oatmeal cookies «Kozak», minced meat products (cutlet «Nourishing», beefsteaks from beef «Slobozhansky»), cheese dessert «Elephant», whipped fruit-berry desserts («Raspberry» mousse, «Berry» sambuca), molded jelly marmalade «Morning» on agar and «Rainbow» on pectin, white-pink marshmallow «Spring» on agar and «Summer» with the use of «Magnetofood» dietary supplement.

The complex of data characterizing organoleptic, physico-chemical, functional-technological, structural-mechanical, microbiological and toxicological parameters of new products is obtained. Regulatory and technological documentation is developed and approved, thirty patents of Ukraine for utility models are obtained, and practical value is confirmed by the results of production tests and implementation of the developed products at the enterprises of the industry and in the educational process.

Keywords: «Magnetofood» dietary supplement, iron oxide nanoparticles, polyphase structure foodstuff, clustrophilicity, Pickering-stabilization.

Автор висловлює подяку д.т.н., проф. А. Б. Горальчуку, д.т.н., проф. М. І. Погожих за наукові консультації, надані під час виконання дисертаційної роботи, та співробітникам кафедри харчових та хімічних технологій Української інженерно-педагогічної академії за допомогу в проведенні досліджень.

Підписано до друку 29.10.2019 р. Формат 60×90/16. Папір офсет. Друк офс.
Умов. друк. арк. 3,1 Тираж 130 прим. Замовл. №19110502

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ», ФО-П Миронов М.В.,
м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ВО 4№ 022953