

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

**ГРИНЧЕНКО НАТАЛЯ ГЕННАДІЇВНА**



УДК 001.891:637.521:637.044

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАПІВФАБРИКАТІВ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ,  
ОДЕРЖАНИХ ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ ЛАКТОКАЛЬЦІЮ**

Спеціальність 05.18.16 – технологія харчової продукції

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор  
**Пивоваров Павло Петрович,**  
Харківський державний університет харчування  
та торгівлі, професор кафедри технології харчування.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент  
**Юдіна Тетяна Іллівна,**  
Київський національний торговельно-економічний  
університет, професор кафедри технології  
і організації ресторанного господарства;

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

доктор технічних наук, професор  
**Чагаровський Олександр Петрович,**  
Одеська національна академія харчових технологій,  
професор кафедри технології молочних, олійно-  
жирових продуктів і косметики

Захист відбудеться «27» грудня 2018 р. о 9<sup>30</sup> на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

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

Автореферат розісланий «26» листопада 2018 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



В.М. Онищенко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Процеси глобалізації та інтеграції України до світової спільноти, боротьба за ресурси та доступ до нових ринків збуту стали рушійною силою запровадження інноваційних технологій харчової продукції, що мають за мету імпортозаміщення, зменшення залежності від зарубіжних технологій та сировини, забезпечення сталого розвитку АПК України. До ключових завдань, які вирішуються за впровадження інновацій, належать раціональне використання сировинних ресурсів шляхом їх комплексної переробки, поглиблення виробничої кооперації, підвищення конкурентоспроможності вітчизняної харчової продукції.

Серед широкого різноманіття продовольчої сировини молоко та продукти його переробки є найбільш цінними з огляду на їх поживні властивості. Промислова переробка молока традиційними способами на вершки, сир кисломолочний, масло вершкове, казеїн пов'язана з одержанням молока знежиреного, сироватки, які протягом тривалого часу з огляду на обсяги виробництва та хімічний склад ідентифікують як вторинні продукти. Незважаючи на те, що протягом останнього часу накопичено значний науковий і практичний досвід їх переробки в концентрати, копреципітати, УФ-похідні та інші, ресурсний потенціал вищезазначеної сировини не реалізовано повною мірою.

Аналітично доведено, що з огляду на ефективне використання молочної сировини особливої уваги набуває лактокальцій ( $Ca_{Lact}^{2+}$ ) як складова сольової системи, потенціал якого в технологічному потоці переробки молока використано не повною мірою. Уявлення про роль лактокальцію в реалізації технологічних властивостей молочної сировини, які висвітлено в роботах К. К. Горбатової, Г. Н. Крусъ, О. М. Осінцева, А. Тьопел, Е. De Cort, R. Gao, J. A. Lucey, G. D. Miller, V. A. Mittal, P. F. Fox, переважно зведено до його дестабілізуючого впливу на білки молока під час коагуляційних процесів.

Разом із тим застосування нових принципів конструювання харчової продукції, фундаменталізація існуючих уявлень про роль окремих харчових речовин сприяли впровадженню нових підходів до переробки молочної сировини, у тому числі сироватки, сколотин, пахти, які висвітлено в роботах В. А. Гніцевіч, Г. В. Дейниченко, Р. Ю. Павлюк, Г. Є. Поліщук, Н. А. Ткаченко, О. П. Чагаровського, Т. І. Юдіної та ін. На окрему увагу заслуговує теорія та практика створення структурованих харчових систем, що протягом останніх років накопичено в рамках наукових шкіл під керівництвом проф. П. П. Пивоварова, проф. Ф. В. Перцевого, які потребують подальшого розвитку.

Проте системних досліджень як фундаментального, так й прикладного характеру щодо комплексної оцінки потенціалу лактокальцію молочної сировини як підґрунтя для подальшого розвитку технологій нової продукції нами не виявлено. Відсутня інформація з використання хімічних і термодинамічних потенціалів молока, в тому числі потенціалу лактокальцію для забезпечення колоїдної стабільності харчових систем на основі молочної сировини, одержання структурованих сфероподібних напівфабрикатів з оболонкою, яку утворено альгінатом натрію та лактокальцієм молочної сировини.

Своєчасність та актуальність цього дослідження базується на тому, що наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію (надалі – напівфабрикатів), є важливою науковою та практичною проблемою галузевого, міжгалузевого та державного значення, вирішення якої дозволить ефективно використовувати технологічний та ресурсний потенціал молочної сировини, розробити широкий асортимент конкурентоспроможної продукції з високими споживними властивостями та високим експортним потенціалом.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано відповідно до основних напрямів наукових досліджень Харківського державного університету харчування та торгівлі, зокрема за науково-дослідними темами:

– *держбюджетними*: № 3-13БО (0113U000158) «Розробка наукових принципів регулювання властивостей сировини тваринного походження в технологіях харчової продукції масового споживання»; № 2-16БО (0116U006899) «Наукові основи технологій харчової продукції лікувально-профілактичного призначення, одержаної шляхом акумуляції функціональних інгредієнтів»;

– *бюджетними*: № 24-08-10Б (0107U010129) «Наукові основи технології реструктурованої продукції, одержаної шляхом іонотропного гелеутворення»; № 20-10-12Б (0109U008647) «Фізико-хімічні основи регулювання сольового складу харчових продуктів шляхом використання природних іонообмінників»; № 14-11-13Б (0110U007974) «Наукові основи капсулювання харчових систем з використанням іонотропних гелеутворювачів»; № 15-11-13Б (0110U007975) «Фізичні принципи модифікації та їх реалізація в технології стабілізаційних систем»; № 19-15-16Б (0114U006540) «Наукові та прикладні основи забезпечення технологічної стабільності дисперсних систем для виробництва харчової продукції, одержаної індустріальними способами»; № 02-17-18Б (0116U008438) «Розробка та впровадження інноваційних технологій харчової продукції»;

– *госпдоговірними*: № 10-11Д (0111U005555) «Розробка та впровадження десертної продукції на основі молочної сировини з регульованим сольовим складом»; № 12-15Д (0115U001872) «Експериментальне обґрунтування та розробка технологічної документації на кулінарну продукцію лікувального та лікувально-профілактичного призначення для обласного клінічного центру урології і нефрології ім. В. І. Шاپовалова»; № 12-16Д (0116U008876) «Розробка проекту технологічної документації на кулінарну продукцію та її адаптація в умовах виробничих процесів кафе «Кофеїн»»; № 31-17-18Д (0117U005594) «Обґрунтування технологічних параметрів виробництва напівфабрикату з сиру кисломолочного»; № 6-17-18Д (0117U003697) «Scientific substantiation of technological parameters of production of encapsulated products based of dairy raw materials and fats».

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є теоретичне та експериментальне обґрунтування технологій стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі молочної сировини, виробництво яких базується на принципах реалізації потенціалу лактокальцію, що дозволяє розробити широкий асортимент продукції високої якості з новими споживними властивостями.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

– з урахуванням сучасних тенденцій розвитку суспільства та продовольчого ринку країни визначити передумови та довести об'єктивну необхідність виникнення та розвитку нового науково-практичного напрямку зі створення стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі молочної сировини;

– ввести поняття «технологічне рідке середовище» (TRC) як методологічне підґрунтя дослідження, з урахуванням принципів нерівноважної термодинаміки та закономірностей перетворення кальційвміщуючих солей розробити феноменологічну модель динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію у складі TRC та експериментально підтвердити її адекватність;

– теоретично обґрунтувати та експериментально підтвердити закономірності накопичення хімічного потенціалу іонного лактокальцію в технологічному потоці переробки TRC та утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів;

– теоретично та експериментально обґрунтувати технології стабілізованих напівфабрикатів десертної продукції та з сиру кисломолочного, одержаних з декальцифікованої молочної сировини;

– теоретично та експериментально обґрунтувати технології структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі TRC «молоко» (TRC<sub>м</sub>), TRC «сироватка» (TRC<sub>с</sub>), TRC «суміш молоко – сироватка» (TRC<sub>сум</sub>);

– дослідити споживні та технологічні властивості напівфабрикатів на основі молочної сировини та їх зміни в технологічному потоці, обґрунтувати умови та строки зберігання;

– визначити показники якості та безпечності напівфабрикатів, розробити рекомендації з їх використання у технології кулінарної та кондитерської продукції закладів ресторанного господарства;

– комплексно оцінити ефективність упровадження розроблених технологій шляхом визначення наукового, науково-технічного, соціально-економічного та екологічного ефектів дослідження;

– виконати комплекс організаційно-технологічних заходів з упровадження нового науково-практичного напрямку з одержання напівфабрикатів на основі молочної сировини в практику підприємств харчової промисловості, закладів ресторанного господарства, освітній процес закладів вищої освіти та комерціалізації розроблених технологій на вітчизняних і зарубіжних підприємствах.

*Об'єкт дослідження* – технології напівфабрикатів стабілізованих та структурованих сфероподібних на основі молочної сировини для кулінарної та кондитерської продукції.

*Предмети дослідження* – TRC<sub>м</sub>, TRC<sub>с</sub>, TRC<sub>сум</sub>, фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості розчинів *AlgNa* та систем «*AlgNa*–*Ca*<sub>Lact</sub>», сумішей сирно-молочних, молочно-сироваткових; напівфабрикати десертної продукції та з сиру кисломолочного, напівфабрикати структуровані сфероподібні; кулінарна та кондитерська продукція на основі напівфабрикатів.

*Методи дослідження* – теоретичні методи нерівноважної термодинаміки, методи дослідження фізичних, фізико-хімічних, функціонально-технологічних, структурно-механічних, мікроструктурних, мікробіологічних, органолептичних

показників, показників якості та безпечності напівфабрикатів і готової продукції, планування експерименту, математичного моделювання та обробки експериментальних даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** На основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано й доведено наукову концепцію дослідження – керовані зміни вмісту іонного лактокальцію у складі технологічних рідких середовищ на основі молочної сировини шляхом коригування розчинності кальційвміщуючих солей та утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів дозволять забезпечити колоїдну стабільність і структурування харчових систем з одержанням широкого асортименту напівфабрикатів із новими споживними властивостями.

Розвинуто теоретичні положення щодо впливу технологічних чинників на склад сольової системи (ССС) молочної сировини, що дозволило науково обґрунтувати технологічні процеси за реалізації хімічних і термодинамічних потенціалів ТРС. У межах реалізації наукової концепції шляхом узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень:

*уперше:*

- з урахуванням сучасних тенденцій побудови технологічних процесів на принципах ресурсозбереження обґрунтовано доцільність функціонування науково-практичного напрямку зі створення стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів у технологічному потоці переробки молочної сировини шляхом реалізації потенціалів лактокальцію та альгінату натрію;

- уведено поняття «технологічне рідке середовище», яке дозволяє здійснити ідентифікацію молочної сировини (молоко сире, молоко знежирене, сироватка молочна та їх суміші) як складної за складом, станом і структурою системи за наявністю хімічних, термодинамічних і технологічних потенціалів;

- на основі теоретичних положень нерівноважної термодинаміки визначено закономірності накопичення та реалізації хімічного потенціалу лактокальцію молочної сировини та альгінату натрію, що дозволило обґрунтувати нові принципи переробки молочної сировини з одержанням стабілізованих та структурованих напівфабрикатів із високими споживними властивостями, наявним науково-технічним, соціально-економічним та екологічним ефектом;

- на підставі узагальнення досліджень про закономірності зміни потенціалу іонного лактокальцію науково обґрунтовано та розроблено феноменологічну модель динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію, яка є теоретичним підґрунтям побудови та реалізації технологій стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів;

- на підставі визначених закономірностей перетворень складу сольової системи ТРС<sub>м</sub> обґрунтовано параметри його декальцифікації, за яких забезпечується колоїдна стабільність в інтервалі значень рН 5,0–6,8, що є науковим підґрунтям розробки технологій напівфабрикатів десертної продукції на основі молочної та плодово-ягідної сировини;

- встановлено закономірності впливу ступеня декальцифікації ТРС<sub>м</sub> на коагуляцію білків молока в технології напівфабрикатів з сиру кисломолочного, шляхом комплексної оцінки властивостей білкового коагуляту обґрунтовано

технологічні параметри одержання стійких емульсійних пастоподібних систем на основі сирно-молочних сумішей;

- визначено закономірності утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів, базуючись на яких науково обґрунтовано та розроблено технології структурованих сфероподібних напівфабрикатів у вигляді капсул і гранул;

- комплексно досліджено показники якості та безпечності напівфабрикатів, визначено харчову та біологічну цінність, встановлено закономірності їх зміни в технологічному потоці та під час зберігання, обґрунтовано умови та строки зберігання;

*набули подальшого розвитку та узагальнення:*

- уявлення щодо ролі лактокальцію у формуванні технологічних властивостей харчової продукції на основі молочної сировини;

- науково-практичні основи одержання структурованих сфероподібних напівфабрикатів у вигляді гранул і капсул.

**Практичне значення одержаних результатів.** На підставі реалізації наукової концепції, теоретичних та експериментальних досліджень розроблено, апробовано та впроваджено технології напівфабрикатів стабілізованих та структурованих сфероподібних, кулінарної та кондитерської продукції на їх основі. Розроблено та затверджено нормативну й технологічну документацію: ТУ У 15.8-01566330-264:2013 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини», Зміна №1 до ТУ У 15.8-01566330-264:2013 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини», ТУ У 10.8-2992117198-002:2016 «Добавки дієтичні серії “Біонормалін”», ТУ У 10.5-01566330-324:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного», ТУ У 10.5-01566330-330:2018 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного “СИРНА ЛІНІЯ”», ТУ У 10.5-38128375-007:2018 «Продукти молочні та кисломолочні капсульовані», ТУ У 10.5-38128375-008:2018 «Продукти на основі сироватки молочної капсульовані», а також технологічні інструкції з виробництва кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів.

*Реалізація роботи.* За результатами дослідження здійснено впровадження наукових результатів у виробництво підприємств харчової промисловості та ресторанного бізнесу Харківської області: ТОВ «Тайфун-2000» (акти від 20.04.2010 р., 01.11.2016 р., 17.11.2017 р.), ТОВ «Т ПРЕСТИЖ» (акти від 23.06.2011 р., 27.06.2011 р., 05.07.2011 р.), АТЗТ «Хладопром» (акт від 21.03.2011 р.), ПП «Кобзар-65» (акти від 26.03.2012 р., 30.10.2015 р., 27.10.2016 р.), ТОВ «НВП АЛЗЗАН» (акт від 12.07.2012 р.), ФО-П Канєвцев Д.В. (акт від 24.09.2013 р.), ТОВ «Клуб Болеро» (акт 27.09.2013 р.), ТОВ «Чигринов» (акт від 01.10.2013 р.), КЗОЗ «ОКЦУН ім. В. І. Шаповала» (акт від 28.09.2015 р.), ТОВ «Крабхауз», ресторан «Алібі» (акт від 5.07.2016 р.), ФО-П Новікова Т.Г., кафе «Брістоль» (акт 05.09.2016 р.), ТОВ «Капсулар» (акти від 05.10.2016 р., 29.11.2017 р., 11.06.2018 р.), ТОВ «Кава-Арт» (акт від 16.12.2016 р.), ФО-П Авакян К.Г. (акт від 12.12.2017 р.), ТОВ «Валківський молочний завод» (акти від 01.02.2018 р., 05.02.2018 р., 07.02.2018 р., 08.02.2018 р.), ПрАТ «Харківська бісквітна фабрика» (акти від 25.06.2018 р., 26.06.2018 р.); Польщі – Sfinks Polska S.A. (акт від 22.11.2017 р.); Іспанії – ACER CAMPESTRES S. L. (акт від 12.12.2017 р.).

Результати роботи впроваджено в освітній процес ХДУХТ (акти від 27.10.2011 р., 05.11.2013 р., 17.12.2014 р., 19.11.2015 р., 18.11.2016 р., 21.11.2016 р., 29.12.2016 р., 15.11.2017 р., 26.12.2017 р.).

**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 об'єкти інтелектуальної власності, 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: міжнародні науково-практичні конференції «Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства» (м. Полтава, 2009 р.), «Актуальные проблемы экономики, менеджмента, маркетинга» (м. Белгород, 2009 р.), студентів, магістрантів, аспірантів, молодих учених «Молодь Європи в соціально-економічних процесах ХХІ століття» (м. Харків, 2010 р.), молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті» (м. Київ, 2010 р.), «Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини» (м. Донецьк, 2011 р., м. Кривий Ріг, 2016 р.), «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (м. Харків, 2011–2013 рр.), «Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві» (м. Харків, 2012 р.), «Химия, био- и нанотехнологии, экология и экономика в пищевой и косметической промышленности» (м. Харків, 2013 р., 2015 р.), «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2014–2017 рр.), «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» (м. Харків–Мелітополь–Кирилівка, 2015 р., 2017 р.), «Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції» (м. Київ, 2016 р.), «Удосконалення процесів і обладнання – запорука інноваційного розвитку харчової промисловості» (м. Київ, 2016 р.), «Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции» (м. Мінськ, Білорусія, 2017 р.), «Актуальні проблеми розвитку ресторанного, готельного та туристичного бізнесу в умовах світової інтеграції: досягнення та перспективи» (м. Харків, 2017 р.), International research and practice conference «Modern methods, innovation, and experience of practical application in the field of technical science» (м. Радом, Польща, 2017 р.), The international research and practical conference «The



development of technical sciences: problems and solutions» (м. Брно, Чеська Республіка, 2017 р.); всеукраїнські науково-практичні конференції «Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування» (м. Харків, 2009 р.), «Торгівля та готельно-ресторанний бізнес: інноваційний розвиток в умовах глобалізації» (м. Харків, 2012 р.); науково-практичний семінар «Інновації у виробництві харчових продуктів» (м. Вагенінген, Нідерланди, 2017 р.).

Розроблені напівфабрикати, кулінарна та кондитерська продукція на їх основі демонструвалися на Міжнародній виставці «Наука і виробництво. Машинобудування Харківщини» (м. Харків, 2009 р.), спеціалізованих виставках «Енергія зростання» (м. Харків, 2010 р.), «Харчова індустрія» (м. Харків, 2011 р.), «Продукты питания. Фестиваль напитков. Ресторанный бизнес. Технологии и оборудование» (м. Харків, 2012 р.), «Освіта Слобожанщини–2012» (м. Харків, 2012 р.), виставці наукових розробок у рамках науково-практичного форуму «Наука і бізнес – основа розвитку економіки» (м. Дніпропетровськ, 2012 р.), спеціалізованій виставці «Освіта Слобожанщини та кіберпростір – 2013» (м. Харків, 2013 р.), виставці в межах заходу «Ніч науки в Харкові» (м. Харків, 2013 р., 2015 р., 2016 р.), виставці-дегустації наукових розробок у рамках Дня технолога (м. Харків, 2014 р.) та ХДУХТ (м. Харків, 2015–2017 рр.), виставці в рамках міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2015–2017 рр.), виставці наукових розробок у рамках соціального заходу «Наукові пікніки» (м. Харків, 2015 р.), виставці в рамках міжнародного інвестиційно-консультаційного бізнес-форуму «Європа без кордонів» (м. Харків, 2015 р.), спеціалізованій виставці «Освіта Слобожанщини та навчання за кордоном» (м. Харків, 2015 р., 2017 р.), виставці в рамках міжнародного інноваційного бізнес-семінару Open Gate Italy (м. Харків, 2016 р.), виставці наукових розробок установ Північно-Східного наукового центру НАН і МОН України з нагоди Всесвітнього дня науки (м. Харків, 2016 р.), туристичній виставці «Харківщина: туристичні відкриття» (м. Харків, 2017 р.), виставці в рамках інформаційно-розважального заходу «День здоров'я» (м. Харків, 2017 р.), виставці, присвяченій 50-річчю Харківського державного університету харчування та торгівлі (м. Харків, 2017 р.), виставці наукових розробок у рамках Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (м. Харків, 2018 р.).

Напівфабрикати та продукція на їх основі одержали дипломи переможців Всеукраїнського конкурсу-виставки «Кращий вітчизняний товар 2013 року» (м. Київ, 2013 р.), I ступеня першого національного конкурсу з інноваційних харчових продуктів EcoTrophelia Ukraine 2013 (м. Одеса, 2013 р.), II ступеня Всеукраїнського фестивалю інновацій Festival of Innovation (м. Київ, 2017 р.); продукцію внесено до каталогу інноваційних харчових продуктів EcoTrophelia Europe 2013 (м. Кельн, 2013 р.). Результати роботи відображено в науковій праці «Інноваційні технології харчової продукції, одержаної шляхом сферифікації», яку відзначено премією Президента України для молодих вчених у 2017 році.

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 63 наукові праці, у тому числі: 2 монографії, 23 статті, серед яких 14 – у наукових фахових виданнях України (із яких 10 включено до міжнародних наукометричних баз даних, у тому числі 5 у Scopus та 1 у Web of Science), 7 – у періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію; 4 патенти на винахід та 5 патентів України на корисну модель, 27 тез доповідей і матеріалів конференцій, 1 навчальний посібник, 1 енциклопедичне видання.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційну роботу викладено у двох томах. Перший том складається з анотації, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 531 найменування, у тому числі 208 іноземних. Основний зміст дисертації викладено на 323 сторінках друкованого тексту, вона містить 71 таблицю, 81 рисунок. Другий том представлено 9 додатками на 368 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

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

У **першому розділі** «Теоретичні та прикладні аспекти одержання напівфабрикатів на основі молочної сировини, їх використання в технологіях харчової продукції» (аналітичний огляд літератури) розглянуто перспективність запровадження міжгалузевої кооперації як основи підвищення ефективності функціонування закладів ресторанного господарства, висвітлено сучасний стан і перспективи розвитку молочної виробництва в системі євроінтеграційних координат, надано узагальнену інформацію щодо термодинамічних аспектів реалізації потенціалів харчових систем крізь призму сучасних уявлень про перетворення основних складових молока як поліфазної системи, наведено огляд інновацій у технологіях напівфабрикатів на основі молочної сировини та кулінарної продукції на їх основі. Узагальнення цих даних стало підґрунтям для формулювання завдань, спрямованих на досягнення мети дисертаційної роботи.

У **другому розділі** «Організація, предмети, матеріали та методи дослідження» висвітлено методологічні підходи, які покладено в основу дисертаційного дослідження, наведено програму теоретичних та експериментальних досліджень із розробки технологій напівфабрикатів, визначено предмети та матеріали дослідження, надано характеристику методів дослідження органолептичних, фізико-хімічних, технологічних, структурно-механічних, мікробіологічних та інших показників предметів дослідження, а також планування експерименту та математичної обробки експериментальних даних.

Відбір проб і підготовку зразків для дослідження, визначення загального хімічного складу, активної та титрованої кислотності, органолептичних, мікробіологічних і токсикологічних показників здійснювали за загальноприйнятими методиками. Вміст амінокислот визначали методом рідинно-

рідинної хроматографії, триптофану – за Грехемом, амінокислотний скор білків та ступінь збалансованості амінокислот досліджували за методами ФАО/ВООЗ, жирнокислотний склад ліпідів – методом газової хроматографії. Загальний вміст лактокальцію в ТРС встановлювали комплексонометричним методом за А.Я. Дуденковим. Масову частку іонного лактокальцію в дослідних зразках визначали потенціометричним методом із використанням кальцій-селективного електроду, визначення розміру міцел казеїну проводили методом світлорозсіювання.

Вміст розчинного білка визначали біуретовим методом, термостабільність ТРС<sub>м</sub> і напівфабрикатів на його основі – за алкогольною пробою. Молекулярно-масовий розподіл *AlgNa* та систем «*AlgNa*–*Ca*<sub>Lact</sub>» досліджували шляхом розділення речовин центрифугуванням у комбінованому градієнті густини солей NaCl і CsCl. Реєстрацію ІЧ-спектрів зразків здійснювали в області 400–450 см<sup>-1</sup> на приладі ІЧ-фур'є спектрометрі SPECTRUM ONE. Емульгуючу ємність модельних систем встановлювали шляхом досягнення точки інверсії фаз за методом М.Н. Гурової, зусилля відриву систем «*AlgNa*–*Ca*» від поверхні розчинів хлориду кальцію та альгінату натрію – за допомогою торсіонних вагів. Дослідження стану вологи в зразках здійснювали методом ядроно-магнітного резонансу, термогравіметричні дослідження форм зв'язків вологи – на дериватографі Q1500D. Вологовиділяючу здатність білкових згустків визначали центрифугуванням за фактора поділу 1000. Піноутворюючу здатність (ПЗ) і стійкість піни (СП) модельних систем визначали методом Лур'є. Ферментативний гідроліз білків напівфабрикатів визначали за методом А.А. Покровського та Є.Д. Єртанова.

Мікроскопіювання зразків здійснювали за допомогою мікроскопа «Биолам Р15» із цифровою камерою-окуляром ScoreTek DCM–130 E 1.3Mp з одержанням фотографій за допомогою програмного засобу Score Photo 3.0. Електронну мікроскопію зразків здійснювали на растровому електронному мікроскопі Jeol (Японія).

Ефективну в'язкість зразків визначали на ротаційному віскозиметрі ВПН-0,2М. Структурно-механічні властивості (зворотну та незворотну деформації, миттєвий модуль пружності, модуль еластичності, податливість, міцність капсул і гранул) визначали на еластопластометрі Толстого та модифікованих вагах Каргіна-Соголової. Для оцінювання кулеподібності капсул визначали їх коефіцієнт форми за відношенням максимального діаметра до мінімального, значення приросту маси капсул і кількості відділеної вологи з капсул визначали ваговим методом.

Соціально-економічну ефективність результатів дослідження розраховували за загальноприйнятими методами в галузі. Експериментальні дані опрацьовували методами математичної статистики та кореляційного аналізу з використанням програмного забезпечення MathCad та Excel.

У **третьому розділі** «Теоретичне обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію» висвітлено теоретичні передумови активації та накопичення потенціалу лактокальцію в технологічному потоці переробки молочної сировини, викладено теоретичне дослідження та феноменологічну модель динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію у складі ТРС<sub>м</sub>, обґрунтовано

модель утворення альгінат-кальцієвих комплексів як передумову створення технології структурованих сфероподібних напівфабрикатів; розроблено інноваційний задум напівфабрикатів.

Відповідно до концептуальних поглядів на значення молока в життєдіяльності людини (фізіологічна рідина для годування новонароджених, товарний продукт із високими поживними властивостями, вихідна сировина для одержання широкого асортименту харчової продукції) дослідження в рамках дисертаційної роботи розповсюджуються лише на молоко як сировину, що в технологічному потоці її переробки перетворюється на нові продукти з додатковою цінністю.

Відзначено, що консервативне ставлення до молока як сировини з огляду на зміну його хімічного складу є стримуючим чинником індустріального виробництва напівфабрикатів для закладів ресторанного господарства (ЗРГ) і розширення асортименту готової продукції. І якщо збагачення молока та продуктів на його основі різними харчовими інгредієнтами оцінюється науковцями та практиками позитивно, то вилучення з нього будь-яких складових (за винятком жиру, а останнім часом – лактози) потребує глибокого обґрунтування та подолання стандартного мислення.

З огляду на зазначене введено нове поняття – «технологічне рідке середовище». Це дозволило здійснити перехід від категорії «молоко сировина» до категорії ТРС<sub>м</sub>, що суттєво розширює умови структурної модифікації його властивостей за технологічних впливів, які мають обмеження за використання поняття «молоко сировина». За такого підходу молоко та продукти його переробки можна розглядати як носії потенціалів, якими можна цілеспрямовано керувати для побудови ефективних технологічних процесів.

Спрогнозовано, що реалізацію наявних і новоутворених у технологічному потоці потенціалів ТРС підпорядковано керованим структурним перетворенням харчових систем. Для ТРС<sub>м</sub> характерна певна ієрархія потенціалів: природних – як основи розвитку технологічної системи; нереалізованих – тих, що не реалізовано або втрачено в технологічному потоці; накопичених (низькоефективних) – потенціали вторинної сировини, які здебільшого фактично є втраченими (наприклад, потенціал ТРС<sub>с</sub>). Доведено відсутність наукових та практичних основ переробки молочної сировини, у межах якої технологічну дію було б спрямовано на реалізацію наявних термодинамічних потенціалів, у тому числі низькоефективних потенціалів вторинної сировини.

Доведено необхідність побудови технологічних процесів, що базуються на реалізації термодинамічних потенціалів технологічних систем. З розуміння, що під потенціалом елемента технологічної системи розуміється питома енергія (теплота, робота, енергія), що нормується на будь-яку екстенсивну величину (маса, моль, заряд), для ТРС<sub>м</sub>, яке містить багато елементів системи, сумарний потенціал визначається як:

$$P_q = \sum P_i \cdot q_i \quad , \quad (1)$$

де  $P_q$  – сумарний потенціал системи;  $P_i$  – питомий потенціал  $i$ -го елемента системи;  $q_i$  – фактична координата  $i$ -го елемента у енергетичному полі, а енергія системи за потенціалами описується рівнянням:

$$E_q = E_{1\dots i}(q_1, q_2 \dots q_i), \quad (2)$$

де  $E_q$  – енергія системи;  $E_{1\dots i}$  – парціальна енергія  $i$ -го елемента системи.

Під час переробки сировини для забезпечення стану рівноваги та вирівнювання потенціалів  $P_1 \cdot q_1, P_2 \cdot q_2 \dots P_i \cdot q_i$ , що є умовою термодинамічної та технологічної стабільності продукту, завжди необхідне подолання певного енергетичного бар'єра – енергії активації ( $E_a$ ) (для  $\text{TPC}_m$  – хімічного потенціалу), величина якого визначається станом речовин, етапом технологічного процесу й зумовлює його ефективність.

Реалізація технологічних потенціалів, виходячи з оцінки їх парціальних величин ( $E_{q_i} = P_i \cdot q_i$ ) та сумарної енергії системи ( $E_q$ ) за визначеними потенціалами, дозволяє спрогнозувати напрями переробки молочної сировини з одержанням питомої цінності кінцевого продукту:

$$\Omega_i = \Omega_0 + k_{IKП} \ln W, \quad (3)$$

де  $\Omega_i$  – питома цінність кінцевого продукту (Дж/кг, грн/кг тощо);  $\Omega_0$  – питома цінність вихідної сировини (Дж/кг, грн/кг тощо);  $k_{IKП}$  – інтегральний комплексний показник для кожного можливого випадку переробки сировини з енергією активації процесу  $E_{\Omega_0}^a$ ;  $W$  – число можливих операцій, що приводять до керованих змін у системі ( $\omega = \ln W$ ) за умови збільшення ентропії.

Очевидно, що за умов, коли  $W=1$ ,  $\ln W=0$ , тобто сировина не зазнає змін у технологічному потоці. Тоді  $k_{IKП} \ln W = 0$ ,  $\Omega_i = \Omega_0$  та  $\Delta\Omega = \Omega_i - \Omega_0 = 0$ , що свідчить про неефективність технологічного процесу. Умовою реалізації ефективності процесу є  $\Omega_i > \Omega_0$ , а  $\Delta\Omega > 0$ , тоді  $k_{IKП} \ln W \rightarrow \max$ . Тож утворення питомої цінності супроводжується витратами сумарної енергії системи (якщо вона задіяна у високоєфективному технологічному процесі), а зниження загального потенціалу системи на величину енергії активації цього технологічного впливу є умовою утворення питомої цінності:

$$P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i} = P \cdot q_0 - P_{W_i} \cdot q_{W_i}, \quad (4)$$

де  $P \cdot q_0$  – початковий сумарний потенціал системи;  $P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i}$  – потенціал трансформованої системи з питомою цінністю ( $\Omega_i$ ), який відповідає умові  $P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i} < P \cdot q_0$ ,  $P_{W_i} \cdot q_{W_i}$  – потенціал, витрачений на технологічну операцію  $W_i$ .

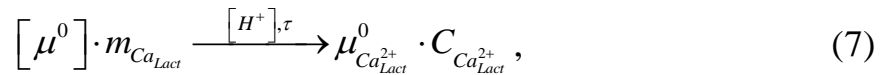
Для  $\text{TPC}_m$ , коли створення питомої цінності продукту пов'язане з цільовим виникненням нової фракції з визначеною харчовою цінністю (наприклад, сиру кисломолочного), і відповідно до мети технологічного процесу нова фракція видаляється із системи, утворюється ще одна фракція –  $\text{TPC}_c$  (вторинна сировина (*вт.с.*)), потенціал якої є значно нижчим порівняно з потенціалом вихідної сировини. Під час створення  $\text{TPC}_{\text{сум}}$  потенціал системи буде нижчим за потенціал вихідної сировини, тобто  $\text{TPC}_m$ :

$$\frac{(m \cdot P \cdot q)_{\text{вт.с.}}}{(m_0 \cdot P \cdot q_0)_{\Omega_0}} < 1, \quad (5)$$

$$\frac{(m \cdot P \cdot q)_{em.c.} + (m_{0_1} \cdot P \cdot q_{0_1})_{\Omega_0}}{(m_0 \cdot P \cdot q_0)_{\Omega_0}} \leq 1 \Big|_{m_0 > m_{0_1}} \quad (6)$$

За умов (5) та (6) традиційні способи переробки як вторинної сировини, так і сумішей на її основі, є технологічно малоефективними й термодинамічно не вигідними. Реалізувати їх можливо лише шляхом перевищення енергії активації неефективного компонента суміші, що потребує додаткових витрат. Тобто для будь-якої вторинної сировини традиційні підходи до її переробки є недоцільними, що спонукає до пошуку інноваційних технологічних рішень.

Таким чином, для одержання продукту з питомою цінністю із сировини, що відповідає умовам (5), (6), за відсутності потенціалу, який забезпечує  $E_{сум}^a > E_{\Omega_0}^a$ ,  $E_{em.c.}^a > E_{\Omega_0}^a$ , є очевидною та термодинамічно доцільною зміна вектора технологічного впливу та реалізації накопичених у технологічному потоці потенціалів, у тому числі тих, які накопичується у вторинній сировині ( $P_{em.c.} \cdot q_{em.c.}$ ) під час одержання продукту з підвищеною питомою цінністю ( $P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i}$ ). Так, для ТРС<sub>c</sub> ефективним потенціалом системи є хімічний потенціал іонного лактокальцію, накопичення якого є побічним результатом процесу сквашування ТРС<sub>м</sub> та самочинної дисоціації кальційвміщуючих солей:



де  $[\mu^0]$  – сумарний хімічний потенціал лактокальцію у складі малорозчинних кальційвміщуючих солей;  $m_{Ca_{Lact}}$  – масова частка лактокальцію у складі колоїдних кальційвміщуючих солей;  $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0$  – хімічний потенціал іонного лактокальцію у ТРС<sub>м</sub>;  $C_{Ca_{Lact}^{2+}}$  – концентрація іонного лактокальцію.

Не зважаючи на те, що результатом накопичення в ТРС<sub>c</sub> іонного лактокальцію ( $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ ) є зростання ентропії ( $\Delta S > 0$ ), така система має обмеження за розчинністю (за рН=const) кальційвміщуючих солей ( $\Delta H < T \cdot \Delta S$ ), оскільки термодинамічно рівноважний стан за умов ( $\Delta S > 0$ ) та  $\frac{d\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}}{dc} = 0$  визначає неможливість зсуву реакції відповідно рівняння (7) вправо або вліво, що приводить до утворення систем із характерним сталим для цих умов співвідношенням іонного та міцелярного лактокальцію  $\frac{\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}}{[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}}$ . Це дозволяє обрати напрям і спрогнозувати реалізацію нових технологічних процесів переробки ТРС<sub>м</sub>, ТРС<sub>c</sub>, ТРС<sub>сум</sub>, оскільки  $C_{Ca_{Lact}^{2+}} = f(H^+)$ , а також визначити рівноважний стан системи та потенціал іонного лактокальцію:

$$P_{Ca_{Lact}^{2+}} = \mu_{Ca_{Lact}^{2+}} \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}, \quad (8)$$

де  $P_{Ca_{Lact}^{2+}}$  – потенціал іонного лактокальцію;  $C_{Ca_{Lact}^{2+}}$  – молярна концентрація іонного лактокальцію в системі.

Є очевидним, що значення ентропії  $TRC_c$  перевищує  $TRC_m$ , що дає можливість виконувати нові технологічні операції в ньому та з ним. Одночасно, що технологічно важливо, ці  $TRC$  є модифікаторами властивостей відносно один до одного за величиною потенціалу іонного лактокальцію з можливістю його коригування. Узагальнення умов рівноваги за співвідношенням іонного та міцелярного лактокальцію ( $\frac{\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}}{[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}}$ ) наведено у вигляді схеми (рис. 1).



Рис. 1. Схема можливих перетворень  $TRC_m$  у технологічному потоці ( $k_1, k_2, k_3, k_4$  – кінетичні коефіцієнти, які характеризують:  $k_1, k_2$  – процеси перетворень колоїдних комплексів у істинний іонний розчин та іонів з істинного розчину в колоїдні комплекси відповідно;  $k_3, k_4$  – процеси переходу іонів з істинного розчину в малорозчинні солі та малорозчинних солей у істинний іонний розчин відповідно)

Із розуміння, що масова частка лактокальцію у  $TRC_m$  є величиною постійною й у певний проміжок часу співвідношення не буде змінюватися, тобто:

$$C_{(Ca_{Lact})_m} + C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 1, \quad (9)$$

$$[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}} + \mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 1, \quad (10)$$

є очевидним, що умовами термодинамічної та технологічної стабільності  $TRC_m$  є стан системи, який описується виразами (11), (12):

$$C_{(Ca_{Lact})_m} = 1 \quad \left. \vphantom{C_{(Ca_{Lact})_m}} \right\} k_2 \gg k_1, \quad (11)$$

$$C_{Ca_{Lact}^{2+}} \rightarrow 0 \quad \left. \vphantom{C_{Ca_{Lact}^{2+}}} \right\} k_4 \gg k_3, \quad (12)$$

і визначає доцільність зменшення масової частки іонного лактокальцію. Для  $TRC_m$  ця система виразів описує відповідність технологічної системи максимальному рівню ентропії та хімічної пасивності за потенціалом лактокальцію.

Зі зниженням рН систем (без урахування природи цього процесу) змінюється рівновага між міцелярним та іонним лактокальцієм та інтенсивне накопичення останнього ( $k_4 \gg k_3, k_1 \gg k_2$ ). Тоді за умови  $[H^+] \rightarrow \max, C_{Ca_{Lact}^{2+}} \rightarrow \max$  і за повного гідролізу кальційвміщуючих солей виникає новий стан:

$$1 - C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 0, \quad (13)$$

що є певним розвитком системи за умов  $k_4 \cdot k_1 \gg k_3 \cdot k_2$ . Рівняння (13) є умовою термодинамічної стабільності кисломолочної продукції, але в реальних умовах не досягне. Тоді вираз

$$0 \leq 1 - C_{Ca_{Lact}^{2+}} \leq 1 \quad (14)$$

є формальним записом  $i$ -го молочного або кисломолочного продукту (без урахування індивідуальних товарознавчо-технологічних характеристик).

Формальні вирази (9), (13) та (14) в сукупності з технологічними цілями є підґрунтям для обґрунтування технологічних параметрів виробництва продукції під час переробки ТРС<sub>м</sub> у кисломолочні продукти та напівфабрикати, у тому числі для ЗРГ. Ці рівняння як математична система можуть розглядатися як феноменологічна модель динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію ТРС<sub>м</sub> у технологічному потоці його переробки в кисломолочні продукти. Вони є основоположними під час виникнення та розвитку нового науково-практичного напрямку переробки молочної сировини в стабілізовані і структуровані сфероподібні напівфабрикати.

З аналізу наведених виразів є очевидним, що стан продукту, який описується виразом (14), може бути одержано двома шляхами:

- пасивним (трансформацією ТРС<sub>м</sub> за реалізації традиційних технологічних впливів);
- інтенсивним (як результат утворення ТРС<sub>сум</sub>, що відповідає умовам рівняння (13)).

Зрозуміло, що ТРС<sub>сум</sub> характеризуватиметься вищими значеннями ентальпії відносно ТРС<sub>м</sub> за рахунок зростання концентрації іонного лактокальцію. За умови, що у ТРС<sub>сум</sub> відсутній потенціал, здатний компенсувати новий хімічний потенціал  $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}} \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ , а традиційні методи технологічного впливу є малоефективними, оскільки енергія активації для процесу переробки ТРС<sub>с</sub> відповідає умові  $E_{em.c.}^a > E_{\Omega_0}^a$ , а для ТРС<sub>сум</sub>:

$$E_{сум}^a = m_0 \cdot E_{\Omega_0}^a + m_{em.c.} \cdot E_{em.c.}^a > E_{\Omega_0}^a, \quad (15)$$

де  $E_{сум}^a$ ,  $E_{\Omega_0}^a$ ,  $E_{em.c.}^a$  – відповідно, енергії активації перетворення суміші, вихідної та вторинної сировини,

прийнято рішення щодо використання альгінату натрію як ефективного сорбенту (у вигляді розчину визначеної концентрації) іонного лактокальцію. Низька енергія активації процесу сорбції іонного лактокальцію у ТРС<sub>м</sub> і здатність до висококінетичної взаємодії з лактокальцієм ТРС<sub>с</sub> забезпечують перебіг реакції іонообміну за визначених концентрацій компонентів за схемою:



Дозоване введення розчину альгінату натрію у ТРС або навпаки супроводжується компенсацією потенціалів  $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}} - \mu_{Alg^-} \cdot C_{Alg^-}$ . Це призводить до зменшення ентальпії ТРС за вмістом  $Ca_{Lact}^{2+}$  і виникнення нового рівня рівноваги системи «ТРС-AlgNa». За умови (12) величина загального потенціалу ТРС<sub>сум</sub> визначається тільки потенціалом ТРС<sub>м</sub>, а результатом досягнення рівноваги є виникнення нової фази – альгінату кальцію ( $Alg_2 Ca_{Lact}$ ).

Теоретично та експериментально доведено можливість утворення альгінату кальцію з виникненням сфероподібної капсули, внутрішній уміст якої

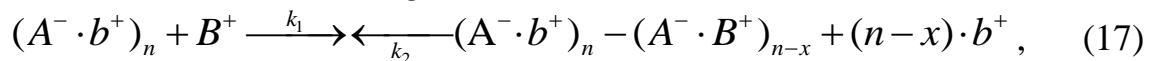


представлено ТРС. За цих умов так звана «відкрита» система ТРС трансформується в «напівзакриту», яка набуває нових властивостей. Сформульований підхід є принципово новим у технології переробки ТРС, оскільки коригування властивостей ТРС<sub>м</sub>, ТРС<sub>с</sub>, ТРС<sub>сум</sub> у бік термодинамічно вигідних станів обґрунтовує їх використання в технології структурованих сфероподібних напівфабрикатів у формі капсул.

Таким чином, створення технологічних систем на основі ТРС та альгінату натрію («ТРС<sub>м</sub>-AlgNa», «ТРС<sub>с</sub>-AlgNa», «ТРС<sub>сум</sub>-AlgNa») дозволяє використовувати низькоефективний потенціал вторинної сировини шляхом їх контрольованого структуроутворення, що є основою створення нових організаційно-технологічних принципів одержання харчової продукції з молочної сировини. Кінетика цих процесів згідно з рівнянням Ареніуса залежить від потенціалу ТРС за  $Ca_{Lact}^{2+}$  ( $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ ), який визначатиме константу швидкості реакції, а значить, і закономірності утворення капсул чи гранул, їх текстурні характеристики. Доведемо це твердження.

За високого потенціалу іонного лактокальцію гідрофобізація AlgNa буде стрімко зростати з втратою спорідненості його з розчинником, що призведе до деформації ланцюгів макромолекул. Структура макромолекул альгінату натрію в розчині впорядковуватиметься ( $\Delta S < 0$ ) у бік утворення замкнутих енергетично вигідних просторових структур – капсул, тим самим переводячи ТРС<sub>м</sub> у «напівзакриту» технологічну систему. За низького потенціалу іонного лактокальцію утворення капсул не можливе, а в системі матимуть місце низькокінетичні процеси з утворенням гранул.

Для ТРС<sub>м</sub> за умови (11), (12) й  $k_2 \gg k_1$  формальний запис реакції (16) свідчить про постійний надлишок AlgNa в системі:



де  $(A^- \cdot b^+)_n$  –  $n$ -концентрація AlgNa в системі;  $B^+$  – наявний у ТРС<sub>м</sub> іонний лактокальцій за визначеного протиіона;  $(A^- \cdot b^+)_n - (A^- \cdot B^+)_{n-x}$  – надлишок AlgNa, що згідно із законом діючих мас є причиною низької швидкості процесу гелеутворення:

$$V = k \cdot C_{Alg^-}^n \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}^m, \quad (18)$$

де  $k$  – константа швидкості реакції;  $C_{Alg^-}^n, C_{Ca_{Lact}^{2+}}^m$  – концентрації вихідних компонентів;  $m, n$  – стехіометричні коефіцієнти.

Аналіз виразу (18) свідчить, що в правій частині рівняння відсутній надлишок іонного лактокальцію ( $B^+$ ). Тому перехід альгінату натрію в альгінат кальцію буде малодинамічним і практично не залежить від концентрації AlgNa ( $(A^- \cdot b^+)_n$ ), а лише від концентрації іонного лактокальцію ( $B^+$ ) у системі (низькокінетичний сорбційний процес). За таких умов інтенсифікувати цей процес за рахунок підвищення концентрації AlgNa не є можливим, а його реалізація доцільна для одержання гранульованих харчових продуктів на основі

альгінату натрію та іонного лактокальцію з одночасною модифікацією властивостей ТРС<sub>м</sub> згідно з рівняннями (11), (12).

З урахуванням, що  $\chi = \frac{C_{ГК}^{2+}}{C_{ГК}}$ , а обов'язковою умовою реалізації процесу гелеутворення є  $\chi = 0,4 - 0,6$ , для одержання сфероподібної форми краплі кінетичний процес капсулоутворення можна об'єктивно виразити із закону діючих мас:

$$-\frac{d[Alg Na]}{d\tau} = \frac{d[Alg_2 Ca_{Lact}]}{d\tau} = k \cdot [Alg^-] \cdot \left[ C_{Alg^-} \cdot C_{ГК} \cdot \frac{C_{ГК}}{C_{МК}} \cdot \chi \right], \quad (19)$$

$$\text{де } C_{Alg^-} \cdot C_{ГК} \cdot \frac{C_{ГК}}{C_{МК}} \cdot \chi = [Ca_{Lact}^{2+}]. \quad (20)$$

Тому рівняння гелеутворення  $\chi = \frac{C_{ГК}^{2+}}{C_{ГК}} = [Alg_2 Ca_{Lact}]$  у технологічній системі «ТРС<sub>м</sub>-AlgNa» матиме вигляд:

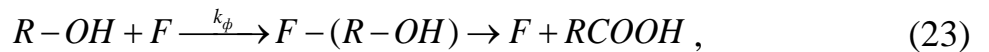
$$[Alg_2 Ca_{Lact}] = -\frac{k \cdot [Alg^-] \cdot \left[ C_{Alg^-} \cdot C_{ГК} \cdot \frac{C_{ГК}}{C_{МК}} \right]}{d[Alg Na] / d\tau}. \quad (21)$$

Із цього виходить, що темпи перетворення альгінату натрію ( $-\frac{d[Alg Na]}{d\tau}$ ) будуть повністю залежати від накопичення іонного лактокальцію у ТРС за виразом (7). Умови для реалізації цього процесу для ТРС<sub>м</sub> за рН 6,7–7,0 практично відсутні без примусової активації гідролізу слаблорозчинних кальційвміщуючих солей ТРС<sub>м</sub>.

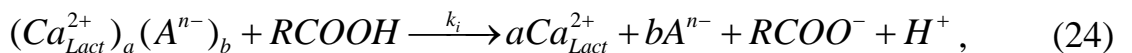
Із технологічним зниженням рН ТРС<sub>м</sub> відбувається трансформація стану системи (9) в (13) та (14), наслідком чого є зростання величини  $\frac{\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}}{[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}}$  (7). За достатньої концентрації іонного лактокальцію в системі кінетика процесу перетворення AlgNa за умови (18) набуває вигляд:

$$-\frac{d[Alg Na]}{d\tau} = \frac{d[Alg_2 Ca_{Lact}]}{d\tau} = k \cdot V^{1/2} \cdot [Alg^-] \cdot \frac{[Ca_{Lact}^{2+}]}{[Ca_{Lact}^{2+}] + k[Alg^-]}. \quad (22)$$

Із розуміння того, що в технологічному потоці виробництва кисломолочних продуктів умовою накопичення іонного лактокальцію є гідроліз лактози з накопиченням кислот за схемами:



де  $R-OH$  – субстрат (гідрокарбонати);  $F$  – фермент;  $F-(R-OH)$  – фермент-субстратний комплекс;  $RCOOH$  – кислота молочна,



а швидкість перетворення AlgNa буде залежати від швидкостей гідролізу кальційвміщуючих солей і його зв'язування в альгінат-лактокальцієві хелатні комплекси, маємо:

$$-\frac{d[Alg Na]}{d\tau} = \frac{d[Alg_2 Ca_{Lact}]}{d\tau} = k \cdot \frac{(V_{зидр} + V_{(Ca_{Lact})_m \rightarrow Ca_{Lact}^{2+}})^{1/2}}{(2 \cdot k \cdot \tau)^{1/2}} \cdot [Ca_{Lact}^{2+}]. \quad (25)$$

Аналіз рівняння (25) доводить, що швидкість накопичення  $Alg_2 Ca_{Lact}$  не залежить від концентрації  $AlgNa$ , а визначається лише концентрацією  $Ca_{Lact}^{2+}$  (права частина рівняння (25)), що є передумовою реалізації процесу капсулоутворення. Очевидно, що побудова таких технологічних процесів ґрунтується на накопиченні  $Ca_{Lact}^{2+}$  у реальному технологічному процесі, що може бути забезпечено шляхом:

- накопичення  $Ca_{Lact}^{2+}$  у концентраціях, достатніх для капсулоутворення, унаслідок перебігу ферментативних процесів (вирази (23), (24));
- внесення в ТРС  $Ca_{Lact}^{2+}$  із зовнішніх джерел (відповідно до (14));
- комбінацією двох вищезазначених випадків.

Таким чином, розгляд ТРС<sub>м</sub> як системи, яка може суттєво змінювати свої потенціали, а значить, і співвідношення ентальпії та ентропії, дозволило сформулювати нові принципи стабілізації його властивостей, а визначення закономірностей виникнення нових потенціалів – можливість його використання в принципово нових технологіях, які базуються на реалізації цих потенціалів під час взаємодії з іншими речовинами з утворенням структурованих сфероподібних продуктів – капсул.

Узагальнення теоретичних досліджень, що наведено на схемі (рис. 2), дозволяє ефективно й контрольовано здійснювати переробку ТРС<sub>м</sub>, ТРС<sub>с</sub> та ТРС<sub>сум</sub> за двома напрямками. Після оцінювання молока як сировини за наявністю потенціалу іонного лактокальцію та можливих перетворень міцелярного лактокальцію в іонний розвиток системи за першим напрямом передбачає введення альгінату натрію як речовини акцептора хімічного потенціалу іонного лактокальцію до ТРС<sub>м</sub> крапельним шляхом, зв'язування  $Ca_{Lact}^{2+}$  з одержанням ТРС<sub>м</sub> із регульованим ССС (згідно з (11), (12)) та гранул альгінату кальцію (15). Прогнозується, що це скоригує технологічні властивості ТРС<sub>м</sub>, зокрема, термо- та кислотостійкість. Розвиток системи за другим напрямом передбачає використання ТРС<sub>с</sub> чи ТРС<sub>сум</sub> як природнього джерела іонного лактокальцію. Уведення вищезазначених ТРС до розчину  $AlgNa$  дозволить за реалізації хімічного потенціалу останнього одержати структуровані сфероподібні напівфабрикати у вигляді капсул.

Експериментальне підтвердження вищезазначених положень знайшло віддзеркалення в науково обґрунтованих технологіях стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів.

У **четвертому розділі** «Наукове обґрунтування технологічних параметрів виробництва стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію» узагальнено результати експериментальних досліджень, спрямованих на обґрунтування та розробку технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, визначено раціональні параметри їх одержання та рецептурний склад, наведено технологічні схеми виробництва напівфабрикатів, визначено функціонування їх як технологічних систем.

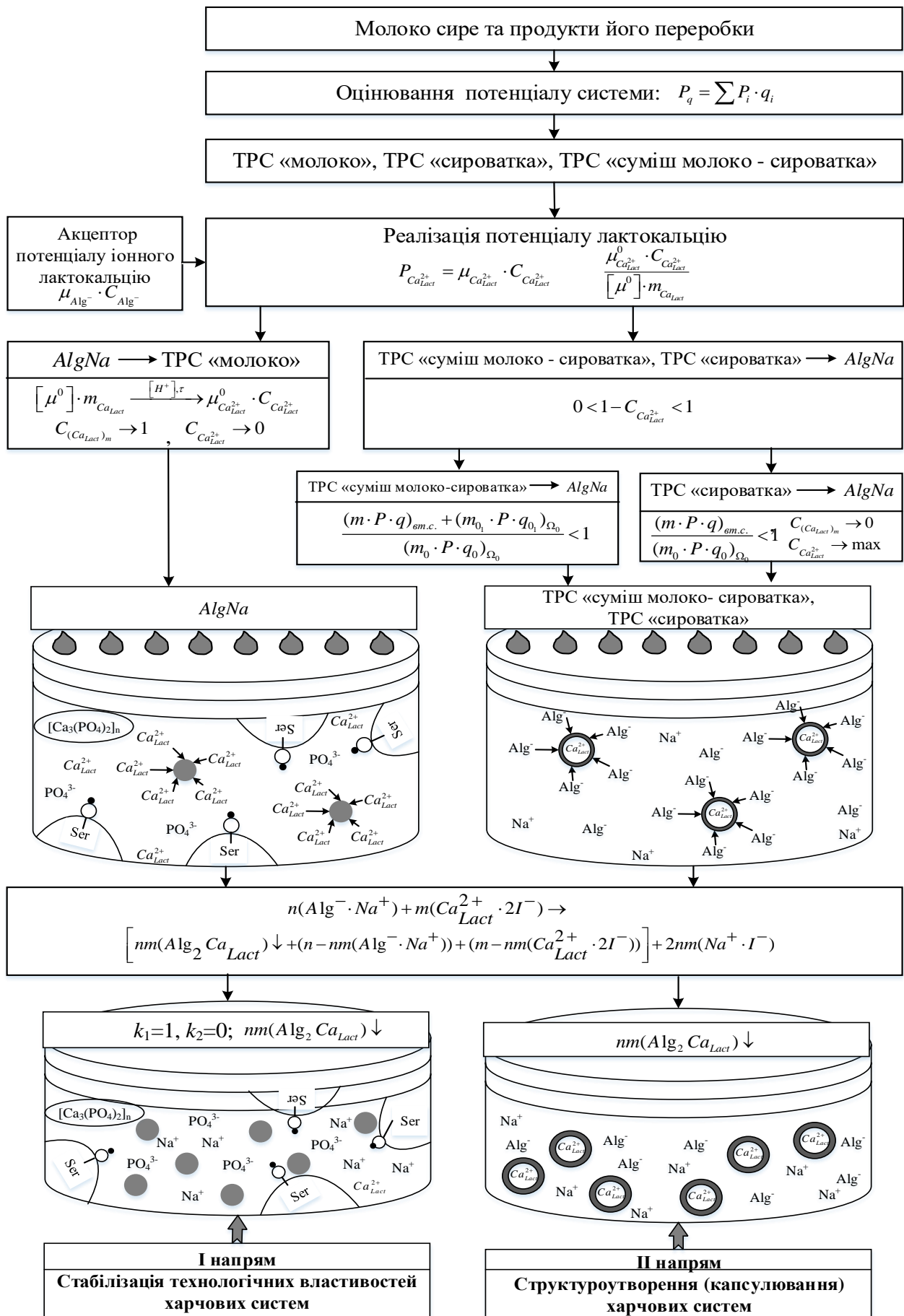


Рис. 2. Шляхи реалізації потенціалу лактокальцію в технології напівфабрикатів на основі молочної сировини

Досліджено закономірності утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів залежно від технологічних чинників –  $\chi = \frac{C_{TK}^{2+}}{C_{TK}}$ , масової частки  $Ca_{Lact}^{2+}$ , порядку змішування компонентів, тривалості процесу, за впливу яких має місце утворення нової неспорідненої з розчинником пружної фази « $AlgNa-Ca_{Lact}$ » у вигляді капсул або гранул. Дослідженням структурно-механічних (в'язкість, модуль пружності та зусилля руйнування) і фізичних (коефіцієнт форми) показників визначено закономірності, за яких структуровані системи можуть бути відокремлені від розчинів, що містять  $AlgNa$  чи  $Ca_{Lact}^{2+}$  із забезпеченням формоутворення. Узагальнення експериментальних даних дозволило визначити інтервал раціональних концентрацій  $AlgNa$  у формуючому середовищі та в розчині для екструзії – 1,0–2,0%.

Для підтвердження теоретичних положень (9), (11), (12), що визначають можливість стабілізації ТРС<sub>М</sub> шляхом зростання ентропії системи за видалення  $Ca_{Lact}^{2+}$ , визначено закономірності його сорбції альгінатом натрію залежно від технологічних чинників (рис. 3). Установлено, що інтенсивність сорбції та кількість сорбованого  $Ca_{Lact}^{2+}$  залежать від значень рН системи (рис. 3, крива 1 проти кривої 2). Визначено, що за рН 6,6–6,8 (що відповідає рН ТРС<sub>М</sub>) масова частка сорбованого лактокальцію через 180·60 с становить  $\Delta m_1=19,7\%$  до початкового вмісту (рис. 3, крива 1), а підвищення концентрації альгінату натрію

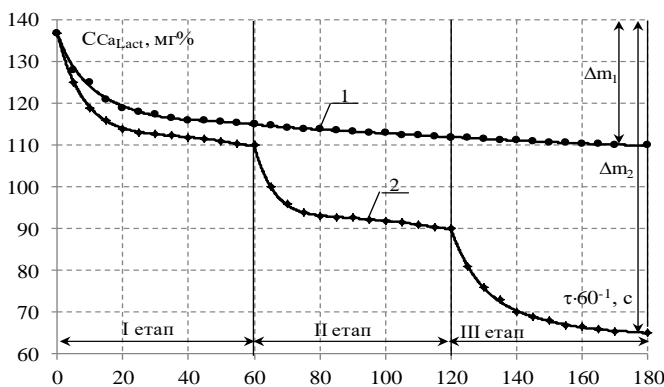


Рис. 3. Кінетика сорбції  $Ca_{Lact}^{2+}$  із ТРС<sub>М</sub>:

1 – рН  $6,7 \pm 0,1$ ; 2 – рН  $5,5 \pm 0,1$   
(досягається поетапним введенням коректорів розчинності малорозчинних кальційвміщуючих солей)

з 1,0 % до 2,0 % і тривалості сорбції до  $24 \cdot 60^2$  с не призводить до інтенсифікації процесу та зміни ССС ТРС<sub>М</sub>.

Це підтверджує, що за рН=const, навіть за умови зростання ентропії ( $\Delta S > 0$ ), виникають умови рівноваги  $\frac{d\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}}{dc} = 0$ , які є обмежувальним чин-

ником регулювання складу сольової системи ТРС<sub>М</sub>. Установлено, що

внаслідок зміни рН ТРС<sub>М</sub> шляхом поетапного введення коректорів розчинності кальційвміщуючих солей (харчові кислоти чи кислотовмісні продукти) (рис. 3, крива 2) створюються умови, за яких  $k_4 > k_3$ , що

дозволяє інтенсифікувати як накопичення іонного лактокальцію в системі (7), так і процеси його сорбції (21). Виражене зростання кінетики сорбції (рис. 3, крива 2) і кількості сорбованого  $Ca_{Lact}^{2+}$   $\Delta m_2=52\%$  підтверджує доцільність побудови технологічного процесу, який передбачає одночасне корегування рН та введення нових доз  $AlgNa$  у ТРС<sub>М</sub> після видалення структурованих сфероподібних продуктів, які утворено в межах попереднього етапу. Це забезпечує

інтенсифікацію процесу сорбції з підвищенням кількості видаленого  $Ca_{Lact}^{2+}$  у межах n-етапів, що підтверджує спрогнозовану можливість ефективного регулювання складу сольової системи ТРС<sub>м</sub> згідно з виразами (7), (11), (12) з одержанням стабілізованих напівфабрикатів.

На підставі узагальнення результатів аналітичних та експериментальних досліджень розроблено модель технологічної системи виробництва ТРС<sub>м</sub> з регульованим ССС із підвищеними термо- та кислотостійкістю (рис. 4), яка є базовою для розробки технологій напівфабрикатів десертної продукції та з сиру кисломолочного.

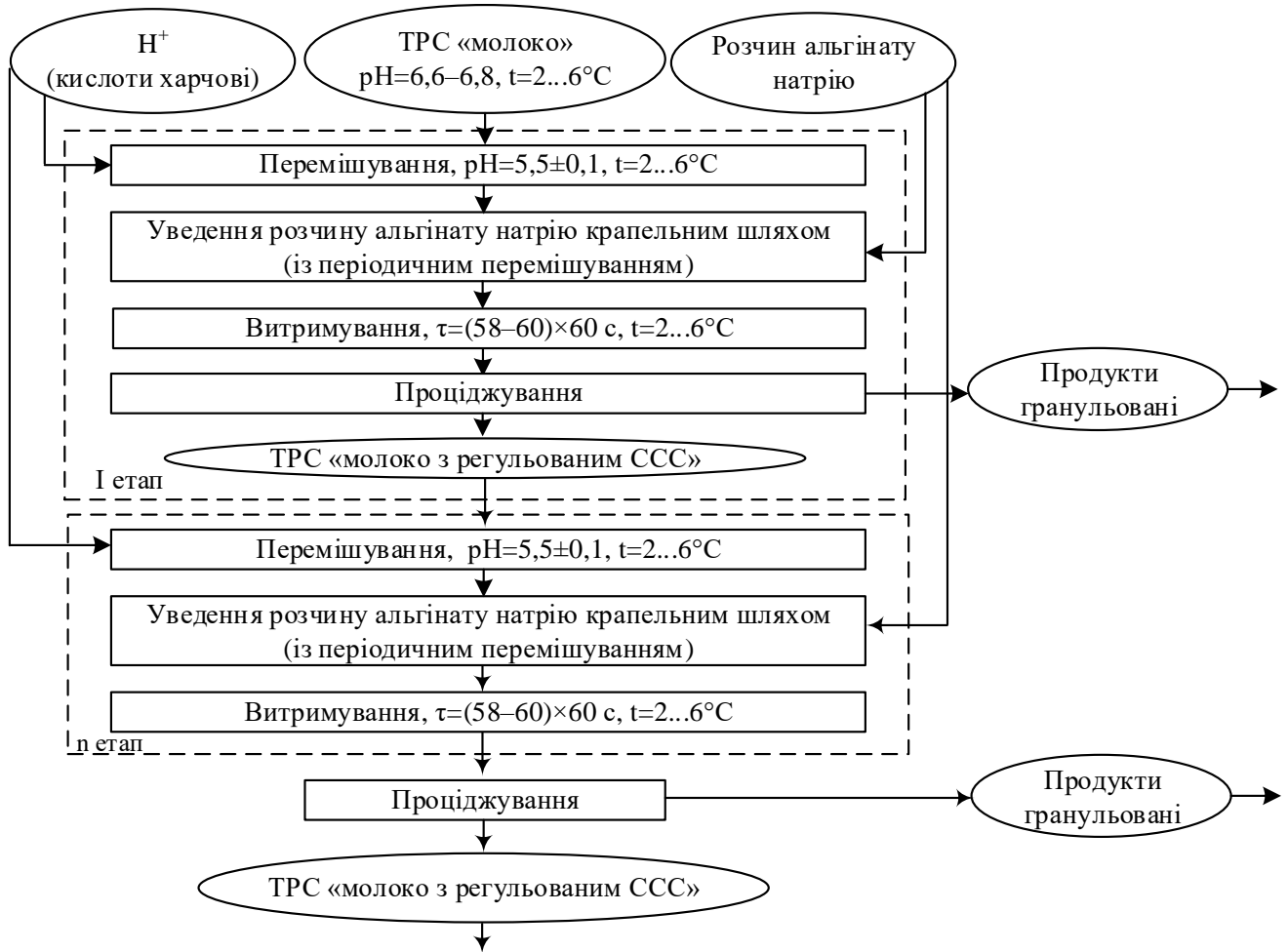


Рис. 4. Модель технологічної системи виробництва ТРС «молоко з регульованим ССС»

Методом молекулярно-масового розподілу фракцій у складі систем «AlgNa–Ca<sub>Lact</sub>» та ІК-спектроскопії доведено зв'язування іонного лактокальцію альгінатом натрію в альгінат-лактокальцієві комплекси, що підтверджується зростанням частки фракцій із молекулярними масами 500 кДа, 1000 кДа та 2000 кДа та середньої молекулярної маси з 542 кДа до 1290 кДа.

Підтверджено можливість використання в технологічному процесі виробництва напівфабрикатів десертної продукції соків або пюре, які за умов реалізації моделі (рис. 4) виконують роль коректорів розчинності та є одночасно рецептурними компонентами, що визначають асортимент нової продукції.

Визначено, що за масової частки соку концентрованого смородини 10–30% або пюре персикового 30–50% у складі суміші з ТРС<sub>М</sub> забезпечується зниження рН систем до 5,0–5,5, що дозволяє вилучити до 10,0–15,0%  $Ca_{Lact}^{2+}$  до первинного вмісту. Запропонований підхід дає можливість інтенсифікувати процеси накопичення та сорбції  $Ca_{Lact}^{2+}$  із забезпеченням колоїдної стабільності напівфабрикатів (вирази (11), (12)) у широкому інтервалі температур і рН (рис. 5). Аналіз даних оптичної густини та середнього діаметра міцел казеїну підтверджує теоретичні дослідження (розділ 3) та адекватність феноменологічної моделі динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію як чинника стабілізації ТРС<sub>М</sub>.

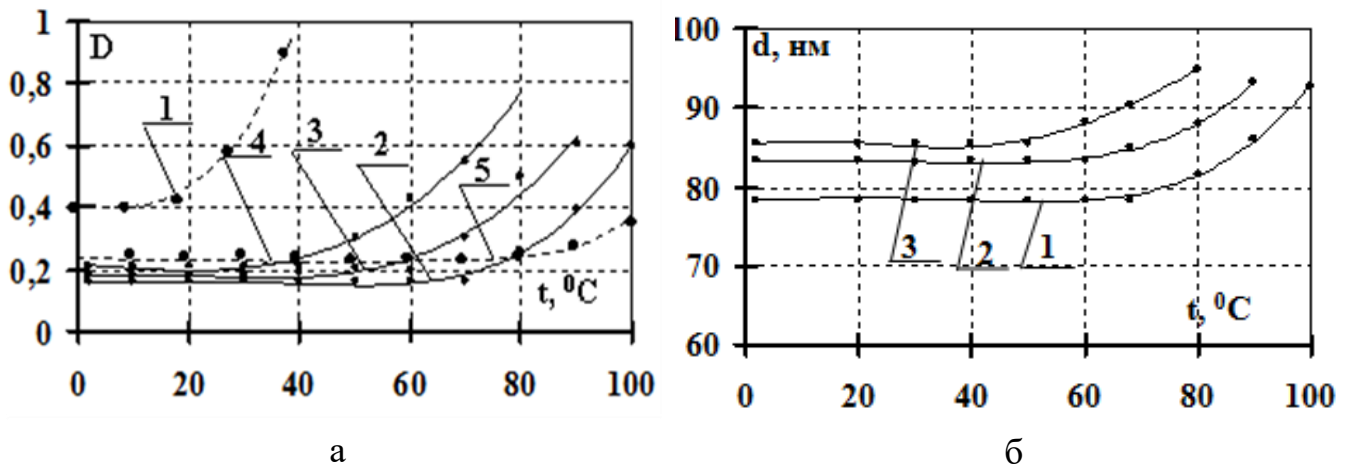


Рис. 5. Оптична густина (а) і середній діаметр міцел казеїну (б) суміші «ТРС<sub>М</sub> : пюре персикове» залежно від температури: 1, 5 – ТРС<sub>М</sub> за рН 5,0±0,1 та 6,7±0,1 відповідно; 2, 3, 4 (а) та 1, 2, 3 (б) – суміш «ТРС<sub>М</sub> – пюре персикове» за співвідношення ТРС<sub>М</sub>:пюре персикове: 2 – 70:30 (рН 5,5±0,1); 3 – 60:40 (рН 5,3±0,1); 4 – 50:50 (рН 5,0±0,1)

З урахуванням сформульованих положень теоретичної моделі розроблено технологію напівфабрикатів з сиру кисломолочного на основі ТРС<sub>М</sub> з регульованим ССС (рис. 6). Висунуто робочу гіпотезу, що регулювання співвідношення міцелярного та іонного лактокальцію у ТРС<sub>М</sub> дозволить скорегувати фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості сиру кисломолочного (ВУЗ, формостійкість, дисперсність) з одночасною оптимізацією технологічного процесу за виходом продукту.

Визначено, що за регулювання ССС ТРС<sub>М</sub> зміна технологічних і фізико-хімічних показників білкового коагуляту має екстремальний характер. Установлено, що зменшення вмісту лактокальцію у ТРС<sub>М</sub> призводить до зниження щільності ферментованого згустку та його вологовиділяючої здатності. Одночасно спостерігається підвищення масової частки розчиненого білка в сироватці, що пояснюється переходом субміцел казеїну в розчинний стан (рис. 7, 8).

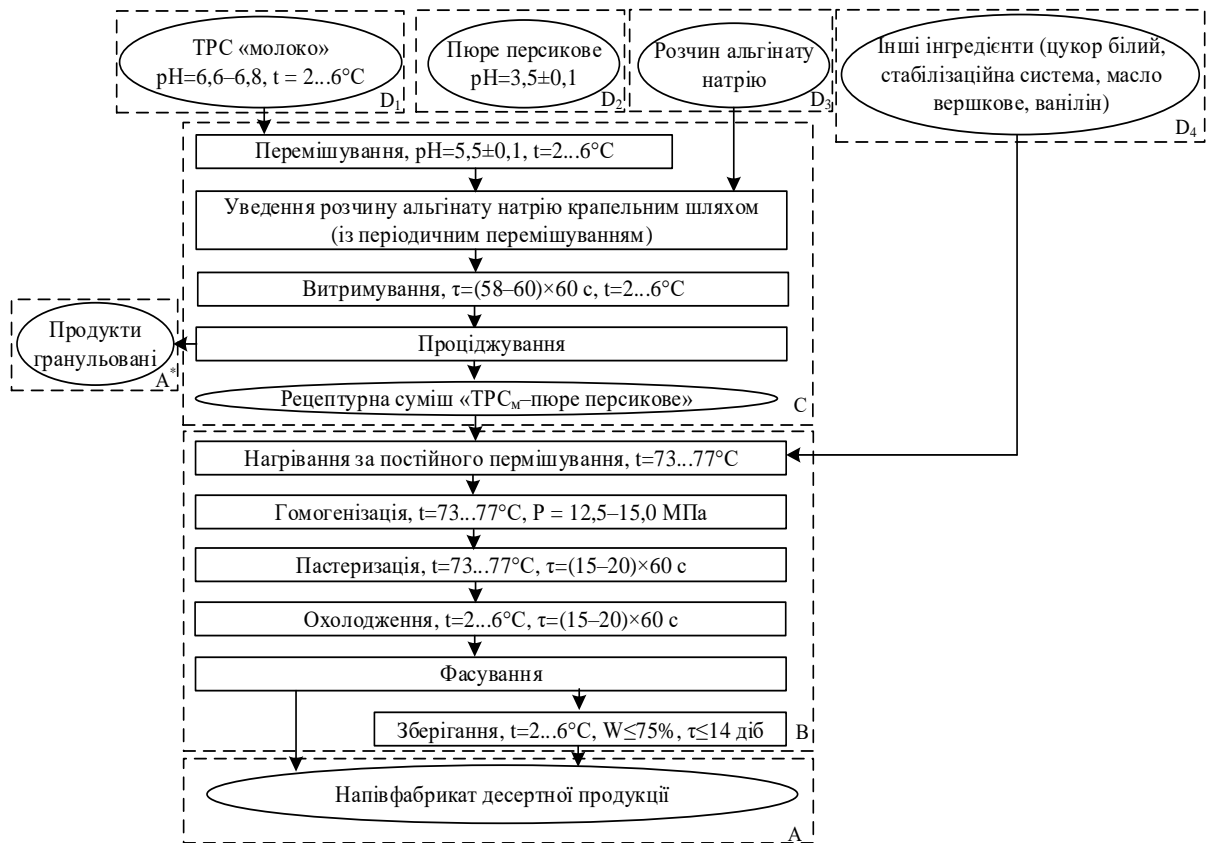


Рис. 6. Технологічна схема виробництва напівфабрикату десертної продукції, де А, А\*, В, С, D<sub>1</sub> – D<sub>4</sub> – підсистеми

З аналізу даних рис. 7 видно, що результатом зниження вмісту лактокальцію у ТРС<sub>м</sub> з 137,0 мг% до 90,0 мг% є підвищення виходу продукту з 15,8±0,1% до 19,1±0,1% (рис. 7, крива 2) з одночасним зростанням масової частки вологи на 8,0% (рис. 7, крива 1) і ВУЗ – на 15% (рис. 7, крива 3). Екстремум кривих припадає на вміст лактокальцію у ТРС<sub>м</sub> 90,0–105,0 мг%, що забезпечується ступенем декальцифікації на рівні 25,0–30,0% до початкового вмісту.

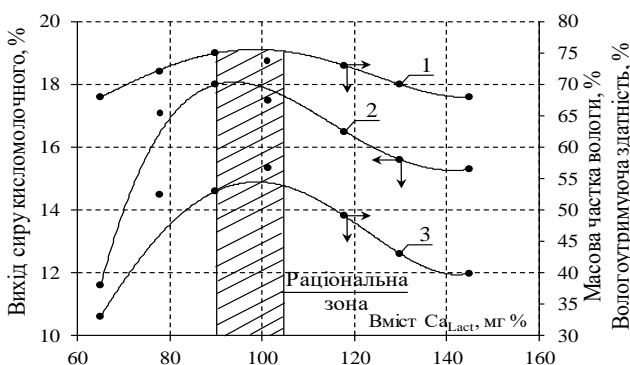


Рис. 7. Масова частка вологи (1), вихід (2) і ВУЗ (3) сиру кисломолочного, одержаного з ТРС<sub>м</sub> з регульованим ССС, залежно від вмісту  $Ca_{Lact}^{2+}$

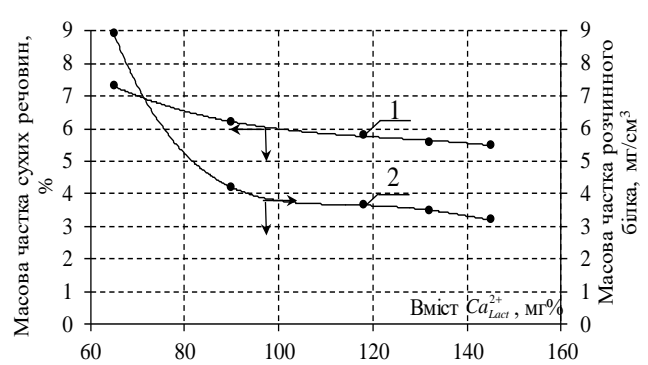


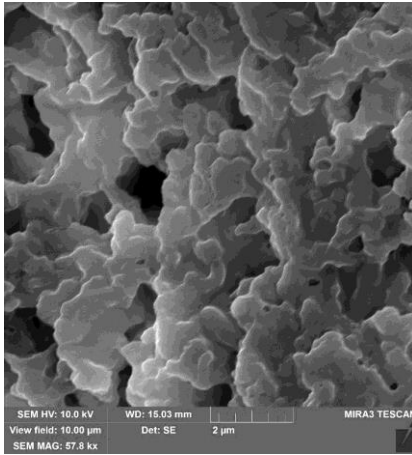
Рис. 8. Масова частка сухих речовин (1) та розчинного білка (2) у ТРС<sub>с</sub>, одержаного під час ферментації ТРС<sub>м</sub> з регульованим ССС, залежно від вмісту  $Ca_{Lact}^{2+}$

Підтверджено, що причиною коригування технологічних показників сиру кисломолочного є поліпшення розчинності білків казеїнового згустку, масова

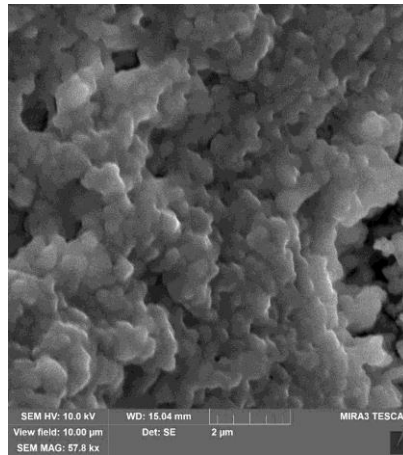


частка яких у ТРС<sub>с</sub> збільшується від  $3,1 \pm 0,1\%$  до  $4,2 \pm 0,1\%$  (рис. 8, крива 1), їх загальна солубілізація, що визначається збільшенням показника ВУЗ на 14% (від  $40,0 \pm 1,0\%$  до  $54,0 \pm 1,0\%$ ) (рис. 7).

Подальша декальцифікація ТРС<sub>м</sub> (менше 90 мг%) знижує вищезазначені показники: спостерігається зменшення ВУЗ до  $33,5 \pm 1,0\%$ , виходу – до  $11,6 \pm 0,5\%$ . Виявлено, що підвищення ступеня декальцифікації ТРС<sub>м</sub> до  $30,0 \pm 1,0\%$  супроводжується збільшенням дисперсності білкових частинок сиру кисломолочного.



а)



б)

Рис. 9. Структура казеїнових міцел білкових коагулянтів (рН  $4,7 \pm 0,1$ ) з: а) – ТРС<sub>м</sub>; б) – ТРС<sub>м</sub> з регульованим ССС

Результати електронної мікроскопії (рис. 9) переконливо відображають відмінності в організації структури та характері поверхні зразків. Визначено відмінності характеру розподілу дисперсної фази: для сиру кисломолочного, одержаного з ТРС<sub>м</sub>, характерна наявність конгломератів білкових частинок та макропорожнин (рис. 9а). Зменшення вмісту іонного

лактокальцію в ТРС<sub>м</sub> приводить до одержання сиру кисломолочного, який має більш однорідну дрібнодисперсну структуру без прошарків та порожнин, складається з білкових зерен однакової форми, характеризується більш рівномірним їх розподілом за всім об'ємом (рис. 9б), що й пояснює підвищення ВУЗ унаслідок збільшення загальної поверхні солубілізованих білкових частинок.

Узагальнення результатів дослідження експериментально підтверджує сформульовані теоретичні положення та робочу гіпотезу: результатом керованого регулювання ССС ТРС<sub>м</sub> шляхом видалення з нього 25,0–30,0% лактокальцію до первинного вмісту є одержання сиру кисломолочного, який характеризується покращеними технологічними властивостями, що підтверджується підвищенням пластичності, а також однорідною дрібнодисперсною структурою та відсутністю відділення вологи за рН 4,5–4,7.

Виражена здатність білків сиру кисломолочного, одержаного з ТРС<sub>м</sub> з регульованим ССС, до додаткової солубілізації дозволила модифікувати його структуру в область більш гомогенних систем шляхом зсуву рН у бік нейтральних значень за рахунок буферної ємності ТРС<sub>м</sub> з регульованим ССС. Це досягається шляхом гомогенізації сиру кисломолочного з ТРС<sub>м</sub> з регульованим ССС за співвідношення (90–70):(10–30), що дозволило одержати на основі цих сумішей напівфабрикати з сиру кисломолочного у вигляді прямої емульсії з вмістом олії соняшникової рафінованої 5,0–15,0 мас.% за стабільності емульсії  $92 \pm 1\%$ .

Науково обґрунтовано технологічні параметри виробництва структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі ТРС<sub>с</sub>, ТРС<sub>сум</sub>, створення яких базується на принципово нових підходах до побудови технологічних процесів, які

враховують одержання питомої цінності продукту ( $\Delta\Omega$ ), накопичення потенціалів вторинної сировини, у нашому випадку ТРС<sub>с</sub>.

Практична цінність системи рівнянь (9), (12), (13), які є формальним записом станів технологічної системи в ланцюзі ТРС<sub>м</sub> → ТРС<sub>с</sub>, полягає у визначенні показника питомої цінності продукту в інтервалі  $0 \leq \Omega_i \leq 1$ . Якщо  $\Omega_i = 0$ , то  $C_{Ca_{Lact}^{2+}} \rightarrow 0$ , за умови, що  $\Omega_i = 1$ ,  $C_{Ca_{Lact}^{2+}} \rightarrow \max$ , що і визначає величину хімічного потенціалу ТРС<sub>с</sub>.

Із даних рис. 10 видно, що трансформація ТРС<sub>м</sub> у ТРС<sub>с</sub> супроводжується накопиченням  $Ca_{Lact}^{2+}$  в кількості 43,0–88,0 мг%. За цих умов ТРС<sub>с</sub> є носієм хімічного потенціалу лактокальцію за термодинамічно вигідних умов його реалізації, що є важливим з огляду на розробки технологій напівфабрикатів капсульованих молочних та на основі ТРС<sub>с</sub>.

Установлено закономірності накопичення іонного лактокальцію залежно від рН ТРС<sub>м</sub> 7,0–4,0 (рис. 10). Визначено, що концентрація іонного лактокальцію  $20,0 \pm 0,1$  мг%, яка відповідає коефіцієнту форми капсул 1,0, досягається за рН =  $5,5 \pm 0,1$ . Зі зниженням рН до значень 4,5–4,0 вміст іонного лактокальцію підвищується до 50,0–88,0 мг%, що дозволяє використовувати ТРС<sub>с</sub> для створення ТРС<sub>сум</sub> за співвідношення ТРС<sub>с</sub>:ТРС<sub>м</sub> як 1:(2,5–4,4). На підставі дослідження коефіцієнту форми напівфабрикатів (рис. 10) на основі ТРС<sub>с</sub>, динаміки приросту маси капсул (рис. 11) обґрунтовано раціональні вміст рецептурних компонентів та технологічні параметри капсулоутворення. Це повною мірою забезпечує кінетику перетворення альгінату натрію за закономірностями (21), (25). Така висока активність хімічного потенціалу  $Ca_{Lact}^{2+}$  дозволяє одержувати напівфабрикати капсульовані як на основі ТРС<sub>с</sub>, так і ТРС<sub>сум</sub>, що дозволяє впровадити у виробництво нові ресурсозберігаючі принципи переробки молочної сировини.

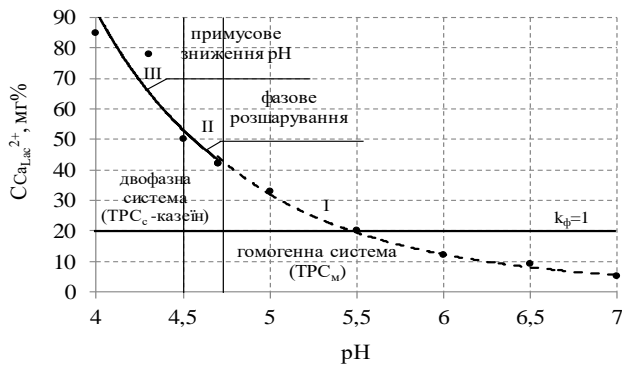


Рис. 10. Концентрація  $Ca_{Lact}^{2+}$  у ТРС залежно від рН під час трансформації ТРС<sub>м</sub> у ТРС<sub>с</sub>;  $k_f$  – коефіцієнт форми

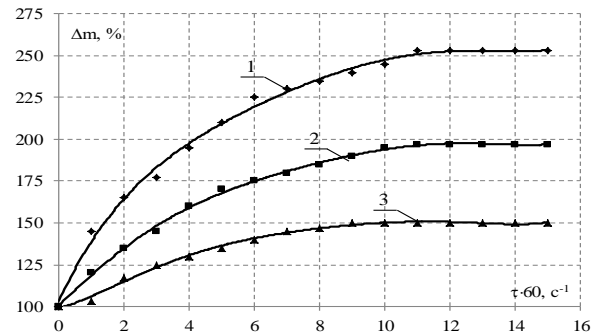


Рис. 11. Приріст маси капсул ( $C_{AlgNa} = 1,5\%$ ) за концентрації  $Ca_{Lact}^{2+}$  у ТРС<sub>с</sub>, мг%: 1 –  $80,0 \pm 1,0$ ; 2 –  $50,0 \pm 1,0$ ; 3 –  $20,0 \pm 1,0$

Для забезпечення необхідних фізико-хімічних та структурно-механічних показників рецептурної суміші (на етапі капсулювання) та готової продукції (у технологічному потоці та під час зберігання) доведено доцільність використання у складі суміші, що підлягає капсулюванню, згущувачів та структуроутворювачів – крохмалю кукурудзяного, карагінану та камеді ксантану.

Використання накопиченого надлишкового для капсулоутворення потенціалу лактокальцію у складі ТРС<sub>с</sub> дозволяє створювати на його основі суміші: з ТРС<sub>м</sub> із відповідним фактором згущення ( $1,0 < \Phi < 4,0$ ), сиром кисломолочним, іншими пастоподібними чи рідкими компонентами в кількостях, які забезпечують вміст  $Ca_{Lact}^{2+}$  не менше  $20,0 \pm 0,1$  мг% – мінімальний, що гарантує сталий процес капсулоутворення за умови, що введені інгредієнти не пригнічують дифузію  $Ca_{Lact}^{2+}$ .

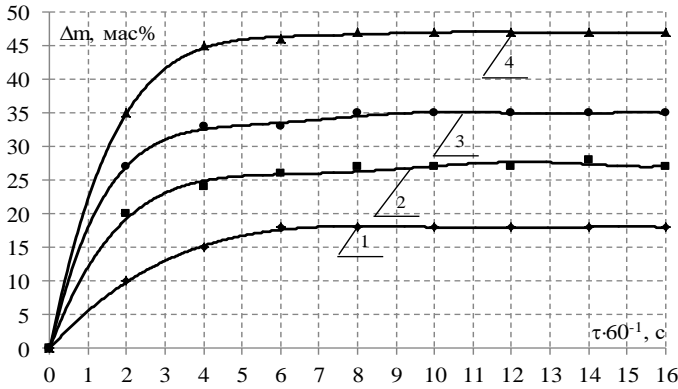


Рис. 12. Приріст маси капсул на основі ТРС<sub>сум</sub> (концентрації  $Ca_{Lact}^{2+}$  20,0–30,0 мг% (2, 3, 4) та 35,0–40,0 мг% (1)) за фактора згущення: 1, 2, 3, 4 – 4,0; 3,0; 2,0; 1,0 відповідно

Установлено, що з підвищенням фактора згущення молочної сировини приріст маси оболонки, як функція від концентрації іонного лактокальцію, зменшується, що свідчить про гальмування дифузійних процесів (рис. 12). У цьому випадку це обумовлене підвищенням концентрації сухих речовин у системі та, як наслідок, збільшенням частки зв'язаної вологи. Це визначає доцільність підвищення концентрації  $Ca_{Lact}^{2+}$  від (20,0–30,0) мг% ( $\Phi=1,0-3,0$ ) до

35,0–40,0 мг% ( $\Phi=4,0$ ) в технологічному процесі виробництва напівфабрикатів кисломолочних капсульованих (сирів м'яких капсульованих).

Дослідження закономірностей процесу капсулювання залежно від технологічних чинників (концентрації  $AlgNa$  ( $1,0\% \leq C_{AlgNa} \leq 2,0\%$ ) та іонного лактокальцію ( $7,0 \leq C_{Ca_{Lact}^{2+}} \leq 88,0$  мг%), фактора згущення ( $1,0 \leq \Phi \leq 4,0$ ), тривалості капсулювання ( $0,5 \cdot 60 \leq \tau \leq 15,0 \cdot 60$  с), рН середовища ( $4,0 \leq pH \leq 7,0$ ) дозволили експериментально обґрунтувати раціональні параметри технологічного процесу одержання напівфабрикатів капсульованих на основі ТРС<sub>с</sub> і ТРС<sub>сум</sub> (табл. 1).

Таблиця 1

### Раціональні параметри технологічного процесу одержання напівфабрикатів капсульованих на основі ТРС<sub>с</sub> і ТРС<sub>сум</sub>

Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Межові значення
Концентрація іонного лактокальцію в інкапсулянті	мг%	$\geq 20,0$
Масова частка сироватки в інкапсулянті	%	$\geq 25,0$
Концентрація розчину альгінату натрію	%	1,3–1,7
Тривалість капсулювання	с	$(1,5-2,0) \cdot 60$
Співвідношення оболонка : інкапсулянт		$(10-30):(70-90)$
Температура пастеризації	°C	80–85
Тривалість пастеризації	с	$(15-20) \cdot 60$

Технологічні схеми виробництва напівфабрикатів капсульованих на основі сироватки молочної, а також молочних та кисломолочних наведено на рис. 13.

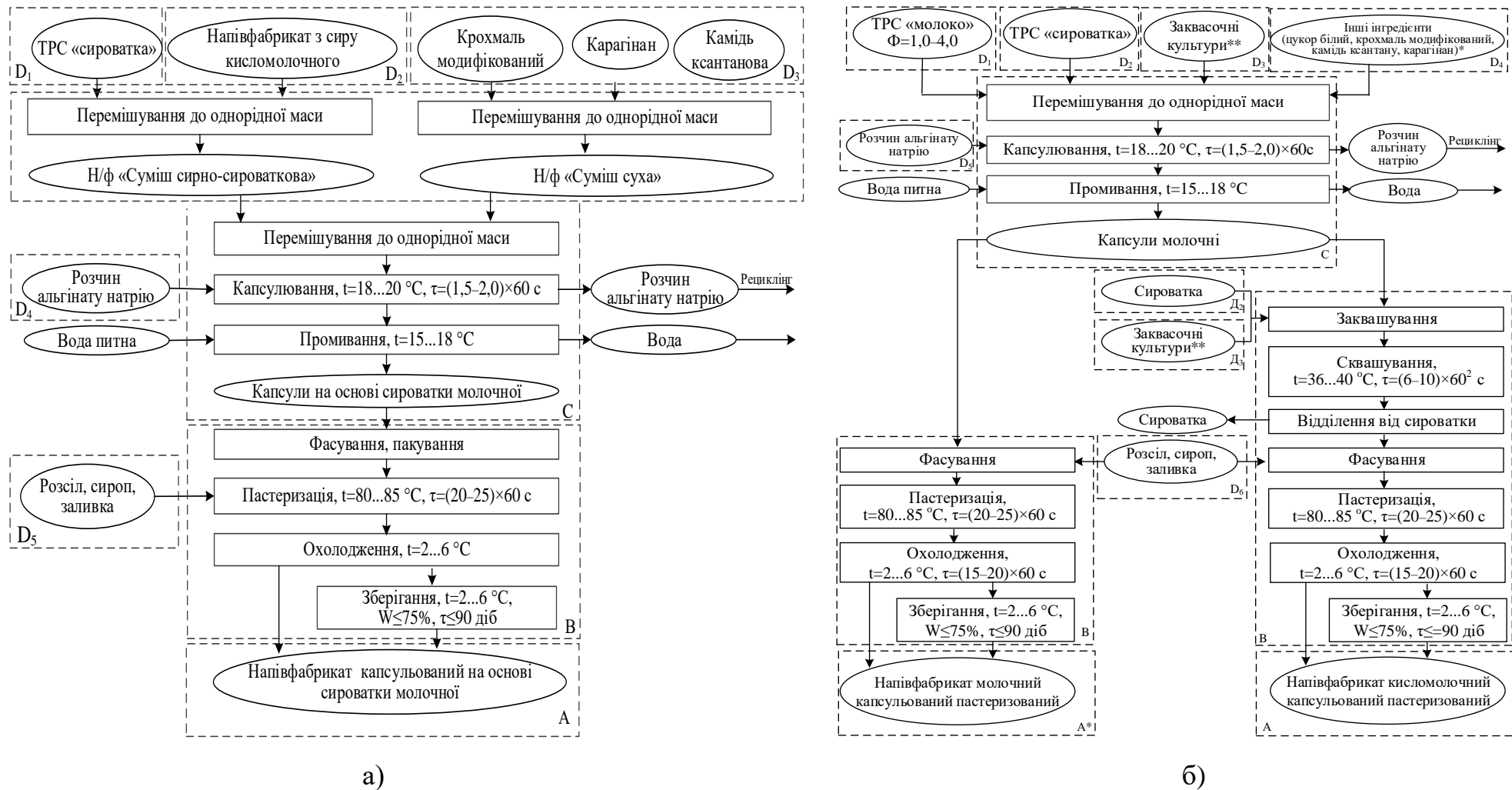


Рис. 13. Технологічні схеми виробництва напівфабрикатів капсульованих на основі сироватки молочної (а), молочних та кисломолочних капсульованих (б), де А, А\*, В, С, D<sub>1</sub> – D<sub>6</sub> – підсистеми

\* Рецептурні компоненти, що використовуються в технологічному процесі виробництва напівфабрикатів молочних капсульованих.

\*\* Заквасочні культури, що використовуються в технологічному процесі виробництва напівфабрикатів кисломолочних капсульованих.

Доведено, що пастеризація ( $t=80\dots85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau=(20-25)\cdot 60\text{ с}$ ) не впливає на органолептичні та фізико-хімічні властивості напівфабрикатів капсульованих та подовжує строки їх зберігання.

Прикладним аспектом запропонованих технологічних рішень є створення нової харчової продукції. Базовими принципами при цьому є реалізація принципів ресурсозбереження, екологізації виробництва, підвищення ефективності, створення додаткової вартості нової продукції, що повною мірою узгоджується з метою та завданнями роботи.

У **п'ятому розділі** «Дослідження основних показників якості та безпечності напівфабрикатів, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію, розробка рекомендацій з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції» узагальнено результати експериментальних досліджень та технологічних відпрацювань, спрямованих на визначення основних показників якості й безпечності напівфабрикатів, їх зміни під впливом технологічних чинників, обґрунтовано умови і строки зберігання напівфабрикатів, розроблено рекомендації з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції ЗРГ.

Комплексно досліджено харчову цінність, показники якості та безпечності нової продукції та їх зміни під час зберігання. Установлено, що залежно від рецептурного складу та технології виробництва напівфабрикати є джерелом білків, жирів, загальних вуглеводів, мінеральних речовин, характеризуються високою поживною та біологічною цінністю.

Визначено умови та строки зберігання напівфабрикатів з урахуванням коефіцієнта резерву та аггравованих температур, які за температури  $0\dots6\text{ }^{\circ}\text{C}$  та відносної вологості повітря не більше 75% становлять: для напівфабрикатів десертної продукції – не більше 14 діб, на основі сиру кисломолочного – 15 діб; структурованих сфероподібних – 90 діб. Доведено, що органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники, а також хімічний склад напівфабрикатів є сталими впродовж зберігання.

Шляхом дослідження фізико-хімічних та технологічних властивостей напівфабрикатів (в'язкість, піноутворююча здатність, стійкість піни, збитість рецептурних сумішей та опір таненню – для напівфабрикатів десертної продукції; в'язкість, ВУЗ, розмір білкових частинок – для напівфабрикатів з сиру кисломолочного; вологовиділяюча здатність, зусилля руйнування та модуль пружності – для напівфабрикатів структурованих сфероподібних) науково обґрунтовано рекомендації з їх використання в технології кулінарної та кондитерської продукції.

Доведено, що використання одержаних напівфабрикатів у закладах ресторанного господарства дозволяє розширити асортимент, запропонувати продукцію з новими споживними властивостями та сталими показниками якості, підвищити ефективність функціонування закладів ресторанного господарства.

У **шостому розділі** «Комплексна система оцінки ефективності впровадження розроблених технологій», базуючись на концепції теорії стейкхолдерів, обґрунтовано методичний інструментарій оцінювання ефективності впровадження розроблених технологій із використанням сукупності характеристик, які відображають науковий, науково-технічний, соціально-

економічний та екологічний ефект розробок.

Доведено економічну доцільність упровадження розробок у практичну діяльність підприємств харчової промисловості та закладів ресторанного господарства. Показано, що прибуток від виробництва та реалізації нової продукції становить 7958,4 грн та 9947,5 грн для напівфабрикатів десертної продукції та з сиру кисломолочного відповідно, 5571,72 грн та 8006,48 грн для напівфабрикатів структурованих сфероподібних (на основі сироватки та молочних відповідно) на кожні 1000 кг реалізованої продукції. Підтверджено, що рентабельність виробництва вища за середньогалузеву на 49,79% для напівфабрикатів десертної продукції та з сиру кисломолочного й на 81,25% для напівфабрикатів структурованих сфероподібних.

## ВИСНОВКИ

1. З урахуванням євроінтеграційних процесів та запровадження в Україні стандартів соціально орієнтованої економіки доведено, що наукове обґрунтування, розробка та впровадження науково-практичного напрямку зі створення стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію та альгінату натрію, дозволяє ефективно використовувати ресурсний та технологічний потенціали молочної сировини, розробити широкий асортимент конкурентоспроможної продукції з високими споживними властивостями.

2. Доведено доцільність уведення поняття «технологічне рідке середовище», яке дозволяє здійснити ідентифікацію молочної сировини (молоко сире та молоко знежирене –  $TRC_M$ , сироватка молочна –  $TRC_C$  та їх суміші –  $TRC_{сум}$ ) як складної за складом, станом та структурою системи та є методологічним підґрунтям організації наукових досліджень; це дозволило розширити науково-практичне уявлення про роль хімічних, термодинамічних та технологічних потенціалів  $TRC$ , у тому числі сольової системи, в побудові та реалізації сучасних технологічних процесів.

3. Розроблено та перевірено на адекватність феноменологічну модель динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію в межах технологічного ланцюга  $TRC_M \longrightarrow TRC_C$ , яка базується на оцінці термодинамічного потенціалу складу сольової системи, та забезпечує реалізацію науково-практичного напрямку зі створення стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів. Встановлено й науково обґрунтовано, що в інтервалі концентрацій  $(4,0-10,0) \leq Ca_{Lact}^{2+} \leq (43,0-88,0)$  мг% досягається динамічна рівновага міцелярного та іонного лактокальцію, що визначає напрями переробки  $TRC$  у напівфабрикати з високими споживними властивостями. Теоретично доведено, що умовою колоїдної стабільності  $TRC_M$  є відносний вміст міцелярного лактокальцію на рівні 1, що досягається сорбцією  $Ca_{Lact}^{2+}$  альгінатом натрію за концентрації 1,0–2,0%.

4. Теоретично доведено закономірності кінетики перетворення міцелярного лактокальцію в іонний у межах технологічного ланцюга  $TRC_M \longrightarrow TRC_C$ . З урахуванням механізму утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів науково обґрунтовано передумови одержання структурованих сфероподібних

напівфабрикатів з інкапсульованими  $TRC_c$  та  $TRC_{сум}$ . Експериментально підтверджено, що концентрація іонного лактокальцію  $20,0 \pm 0,1$  мг% є мінімально необхідною для реалізації процесу капсулювання.

5. Науково обґрунтовано та розроблено модель технологічного процесу виробництва  $TRC_m$  з регульованим ССС із підвищеними термо- та кислотостійкістю, яку реалізовано в технології напівфабрикатів десертної продукції (ТУ У 15.8-01566330-264:2013 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини», Зміна 1:2018 до ТУ У 15.8-01566330-264:2013). Доведено ефективність використання соків або пюре як коректорів рН  $TRC_m$ , що забезпечує зниження рН систем до 5,0–5,5 та дозволяє видалити з  $TRC_m$  до 10,0–15,0%  $Ca_{Lact}^{2+}$  до первинного вмісту. Визначено харчову та біологічну цінність напівфабрикатів, досліджено їх показники якості та безпечності.

6. Методом молекулярно-масового розподілу фракцій підтверджено утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів (гранул). Визначено показники якості та безпечності гранульованих продуктів (ТУ У 10.8-2992117198-002:2016 «Добавки дієтичні серії “Біонормалін”»), розроблено рекомендації з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції.

7. В межах перевірки розроблених теоретичних моделей на адекватність розроблено технологію сиру кисломолочного на основі  $TRC_m$  з регульованим ССС. Підтверджено, що за ступеня декальцифікації  $TRC_m$  25,0–30,0 % до початкового вмісту підвищується вихід продукту від  $15,8 \pm 0,1\%$  до  $19,1 \pm 0,1\%$  за рахунок збільшення масової частки вологи на  $8,0 \pm 0,1\%$ . Зростання ВУЗ на  $14,0 \pm 0,1\%$  підтвердило ефект солюбілізації білків казеїну, що визначило їх високу емульгуючу здатність. Рецептурний склад, технологічний процес виробництва, показники якості та безпечності нової продукції відображено в ТУ У 10.5-01566330-324:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного», ТУ У 10.5-01566330-330:2018 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного “СИРНА ЛІНІЯ”» та технологічних інструкціях з їх виробництва.

8. Експериментально визначено кінетику накопичення іонного лактокальцію в  $TRC_c$  ( $C_{Ca_{Lact}^{2+} | pH=4,5} = 43,0 \pm 1,0$  мг%,  $C_{Ca_{Lact}^{2+} | pH=4,0} = 88,0 \pm 1,0$  мг%).

Доведено, що  $TRC_c$  є ефективним носієм хімічного потенціалу ( $\Delta H > 0$ ), що дозволяє його використовувати за співвідношення  $TRC_c:TRC_m$  як 1:(2,5–4,4) для одержання капсульованих напівфабрикатів. Науково обґрунтовано раціональні параметри технологічного процесу виробництва капсульованих напівфабрикатів (концентрації  $AlgNa$  –  $1,3\% \leq C_{AlgNa} \leq 1,7\%$  та іонного лактокальцію –  $C_{Ca_{Lact}^{2+}} \geq 20,0$  мг%, фактор згущення –  $1,0 \leq \Phi \leq 4,0$ , тривалість капсулювання –  $1,5 \cdot 60 \leq \tau \leq 2,0 \cdot 60$  с, рН середовища –  $4,0 \leq pH \leq 7,0$ ).

9. Розроблено технології напівфабрикатів капсульованих на основі сироватки молочної, молочних та кисломолочних, які характеризуються вираженим ефектом ресурсозбереження (ТУ У 10.5-38128375-007:2018 «Продукти молочні та кисломолочні капсульовані», ТУ У 10.5-38128375-008:2018 «Продукти на основі сироватки молочної капсульовані»). За умови забезпечення

$C_{Ca^{2+}_{Lact}} = 35,0-40,0$  мг% доведено можливість капсулювання ТРС<sub>м</sub> за  $\Phi=4,0$ , що є обов'язковою умовою реалізації технологічного процесу виробництва напівфабрикатів кисломолочних капсульованих (сирів м'яких капсульованих).

10. Досліджено закономірності змін показників якості та безпечності напівфабрикатів протягом зберігання за гарантійних та аггравованих температур і коефіцієнта резерву. Визначено умови та строки зберігання напівфабрикатів, які за температури 0...6 °С та відносної вологості повітря не більше 75% становлять: для напівфабрикатів десертної продукції – не більше 14 діб, на основі сиру кисломолочного – 15 діб; структурованих – 90 діб. Доведено, що за мікробіологічними, токсикологічними показниками та вмістом харчових добавок напівфабрикати відповідають вимогам державної системи контролю харчових продуктів.

11. Науково обґрунтовано рекомендації з використання розроблених напівфабрикатів у технології кулінарної та кондитерської продукції. Доведено, що використання одержаних напівфабрикатів у закладах ресторанного господарства дозволяє розширити асортимент, запропонувати продукцію з новими споживними властивостями та сталими показниками якості, підвищити ефективність функціонування закладів ресторанного господарства. Реалізовано комплекс заходів з упровадження результатів дослідження у виробництво на підприємствах молочної промисловості, ресторанного господарства України, Іспанії, Польщі та в освітній процес ХДУХТ.

12. Базуючись на концепції теорії стейкхолдерів, оцінено ефективність впровадження розроблених технологій із використанням сукупності характеристик, які відображають науковий, науково-технічний, соціально-економічний та екологічний ефект розробок. Визначено, що прибуток від виробництва та реалізації нової продукції становить 7985,40 грн та 9947,50 грн для напівфабрикатів десертної продукції та з сиру кисломолочного відповідно, 5571,72 грн та 8006,48 грн для напівфабрикатів структурованих сфероподібних на основі сироватки та молочних відповідно на кожні 1000 кг реалізованої продукції. Доведено, що за критеріями «інноваційність», «комерційність» та «конкурентоспроможність» в площині визначених основних стейкхолдерів (розробник / виробник, держава, споживач, інвестор) розроблені технології є ефективними.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Наукові та практичні основи виробництва десертної продукції на основі молочної та плодово-ягідної сировини: монографія. Харків: ХДУХТ, 2015. 111 с. *Внесок здобувача: визначення теоретичних та практичних аспектів дослідження, формулювання гіпотези та її експериментальне підтвердження.*

2. Тютюкова Д. О., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П., Гринченко О. О., Рябець О. Ю., Плотнікова Р. В. Наукові основи виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного для ресторанної індустрії: монографія. Харків: ФО-П Іванченко, 2018. 110 с. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних*



*положень щодо виробництва напівфабрикатів на основі сиру кисломолочного, формулювання наукової концепції, керівництво експериментальними дослідженнями.*

3. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Дослідження закономірностей сорбції іонів кальцію із розчинів кальцієвмісних солей у рамках отримання молока з регульованим сольовим складом // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2009. Вип. 2 (10). С. 58–63. *Внесок здобувача: керівництво дослідженнями з визначення сорбційної здатності альгінату натрію, узагальнення одержаних даних, формулювання висновків.*

4. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Підвищення термостабільності молока шляхом регулювання його сольового складу // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2010. Вип. 2 (12). С. 94–99. *Внесок здобувача: постановка проблеми та мети дослідження, формулювання висновків щодо залежності термостабільності молока від складу його сольової системи.*

5. Гринченко Н. Г., Плотнікова Р. В., Пивоваров П. П. Дослідження показників якості та безпечності напівфабрикатів для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2011. Вип. 1 (13). С. 3–9. *Внесок здобувача: розробка алгоритму дослідження показників якості та безпечності напівфабрикатів, формулювання висновків.*

6. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Обґрунтування вмісту плодово-ягідної сировини у складі напівфабрикатів десертної продукції на основі молочної сировини // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: зб. наук. пр. / ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13, Т. 1. С. 107–113. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування рецептурного складу напівфабрикатів десертної продукції, формулювання висновків.*

7. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г., Мороз О. В., Пивоваров П. П. Теоретичні та практичні передумови регулювання складу сольової системи молочної сировини // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. № 4/10 (64). С. 47–53. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: аналіз сучасних способів регулювання складу сольової системи молока, узагальнення результатів дослідження.*

8. Гринченко О. О., Янчева М. О., Гринченко Н. Г., Плотнікова Р. В. Стан та перспективи розвитку ринку харчових інгредієнтів України // Продукты & Ингредиенты. 2013. № 3 (100). С. 10–12. *Внесок здобувача: проведення аналізу ринку харчових інгредієнтів, визначення перспективних напрямів його розвитку.*

9. Гринченко Н. Г., Плотнікова Р. В. Исследование сорбционной способности альгината натрия с целью регулирования состава солевой системы молока обезжиренного // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. 2014. Vol. 2, № 5. P. 32–35. **Стаття у виданні Словацької**

**Республіки.** *Внесок здобувача: планування експериментальних досліджень з визначення раціональних параметрів сорбції іонного лактокальцію, узагальнення результатів, формулювання висновків.*

10. Plotnikova R., Grynchenko N., Pyvovarov P. Study of Influence of Technological Factors on the Sorption of Ionized Calcium From Skimmed Milk by Sodium Alginate // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. № 5/11 (83). P. 32–39. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та ін.).** *Внесок здобувача: визначення механізму сорбції іонного лактокальцію молочної сировини альгінатом натрію.*

11. Plotnikova R., Grynchenko N., Pyvovarov P. The Study of Sorption of the Milk Ionized Calcium by Sodium Alginate // Eureka: Life sciences. 2016. № 4 (4). P. 45–48. **Стаття у виданні Естонської Республіки, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: керування експериментальними дослідженнями з визначення залежностей перебігу процесу сорбції від технологічних чинників, формулювання висновків.*

12. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д. О., Пивоваров П. П. Модифікація структури та функціонально-технологічних властивостей казеїну: наукові та прикладні аспекти // Харчова наука і технологія. 2017. Т. 11. Вип. 1/2017. С. 57–68. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Web of Science та ін.).** *Внесок здобувача: узагальнення сучасних уявлень про способи модифікації властивостей казеїну, визначення взаємозв'язку між його структурою та функціонально-технологічними властивостями.*

13. Тютюкова Д. О., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Аналіз технологій продукції з сиру кисломолочного як передумова інноваційного задуму нової продукції // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. Харків, 2017. Вип. 1 (25). С. 103–117. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: дослідження та визначення індикаторів інноваційності нової продукції, суті інновацій та способів їх реалізації.*

14. Tyutyukova D., Listopad A., Grynchenko N., Botshtein B. Technological aspects of manufacturing fermented dairy cheese and cheese-based semi-finished products // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. 2017. Vol. 5, № 4. P. 125–128. **Стаття у виданні Словацької Республіки.** *Внесок здобувача: постановка проблеми, наукове обґрунтування технологічного процесу виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного, формулювання висновків дослідження.*

15. Grynchenko N., Tyutyukova D., Pyvovarov P. Study of quality indicators of fermented-milk cheese obtained from skimmed milk at a controlled content of calcium // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 6/11 (90). P. 11–21. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та ін.).** *Внесок здобувача: узагальнення результатів досліджень щодо впливу вмісту лактокальцію в молоці знежиреному*

на його органолептичні, фізико-хімічні та технологічні властивості, формулювання висновків.

16. Grynchenko N., Tyutyukova D., Pyvovarov P. Study of influence of calcium content in milk on quality indicators of cottage cheese // Eureka: Life sciences. 2017. № 6 (12). P. 22–28. **Стаття у виданні Естонської Республіки, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: визначення закономірностей між якісними показниками сиру кисломолочного та вмістом лактокальцію у вихідній сировині.*

17. Grynchenko N. Development a Theoretical Model for Intensification of Technological Processes for Manufacturing Dairy Products // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 1/11 (91). P. 22–32. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та ін.).**

18. Grynchenko N. Development of Technology of Semi-Finished Dessert Products Based on Dairy and Fruit-Berry Raw Materials Using the Principles of Colloid Stabilization of Milk // Eureka: Life sciences. 2018. № 1 (13) P. 39–45. **Стаття у виданні Естонської Республіки, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.**

19. Grynchenko N., Tyutyukova D., Pyvovarov P., Nagornyi O. Development of Technology for the Production of Semi-Finished Products With an Emulsion Structure Based on the Decalcified Dairy Raw Materials // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 2/11 (92). P. 4–10. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та ін.).** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування параметрів та моделі технологічної системи виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного.*

20. Grynchenko N., Tyutyukova D., Pyvovarov P., Nagornyi O. Development of a Model of Technological System of Semi-Finished Products With Emulsion Paste Structure // Eureka: Life sciences. 2018. № 2 (14). P. 19–27. **Стаття у виданні Естонської Республіки, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: аналіз сучасних способів модифікації та корегування функціонально-технологічних властивостей молочних білків, керівництво експериментальними дослідженнями.*

21. Grynchenko N., Pyvovarov P., Nagornyi O. Analysis of Preconditions and Development of Technological Principles of Milk Processing by Encapsulation // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 3/11 (93). P. 4–10. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та ін.).** *Внесок здобувача: формулювання наукової концепції переробки молочної сировини шляхом капсулювання.*

22. Grynchenko N., Pyvovarov P., Nagornyi O. Development of Technological Decisionson Production of Capsulated Products Basedon Dairy Raw Materials // Eureka: Life sciences. 2018. № 3 (15) P. 18–24. **Стаття у виданні Естонської Республіки, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: підтвердження теоретичної моделі реалізації потенціалу лактокальцію в технології капсульованої продукції, формулювання висновків.*

23. Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Технологія продукту капсульованого на основі сироватки молочної // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Технічні науки*. 2018. Т. 29 (68), № 3. С. 143–149. *Внесок здобувача: узагальнення проблемних питань із переробки сироватки, формулювання мети дослідження, наукове обґрунтування технології продукту капсульованого на основі сироватки молочної.*

24. Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П., Гринченко О.О., Тютюкова Д.О. Плотнікова Р.В. Вплив технологічних чинників на структурно-механічні та технологічні властивості напівфабрикатів з сиру кисломолочного // *Технічні науки та технологій*. 2018. № 2 (12). С. 204–215. **Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.** *Внесок здобувача: постановка проблеми, визначення закономірностей формування структурно-механічних властивостей напівфабрикатів з сиру кисломолочного залежно від технологічних чинників, формулювання висновків*

25. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д. О. Дослідження впливу декальцифікації молока знежиреного на фізико-хімічні властивості сиру кисломолочного // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / ХДУХТ. Харків, 2018. Вип. 1 (27). С. 31–43. Стаття у фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних.* *Внесок здобувача: формулювання робочої гіпотези дослідження та її експериментальне підтвердження.*

26. Гранулированный продукт и способ его получения: пат. на изобретение 2543148, Российская Федерация, МПК А23Р 1/12, А23С 9/137 / Плотникова Р. В., Гринченко Н. Г., Мороз О.В. , Пивоваров Е. П.; заявитель и патентообладатель: Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. № 2543148; заявл. 21.08.2012; опубл. 27.02.2015, Бюл. № 6. 6 с. *Внесок здобувача: патентний пошук сучасних способів одержання гранульованих продуктів, розробка формули винаходу та його опис.*

27. Гранульований продукт та спосіб його одержання: пат. на винахід 102341, Україна, МПК А23С 9/00, А23С 7/00, А23Р 1/02, А23Р 1/12, А23С 9/14 / Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г., Мороз О. В., Пивоваров Є. П.; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. № 102341; заявл. 15.06.2012; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. 6 с. *Внесок здобувача: патентний пошук, визначення недоліків сучасних способів одержання гранульованих продуктів, розробка формули винаходу та його опис.*

28. Спосіб отримання капсульованого м'якого сиру: пат. на винахід 117548, Україна, МПК А23С 19/076, А23С 23/00, А23Р 10/30 / Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П.; патентовласник Пивоваров П. П. № 117548; заявл. 14.07.2017; опубл. 10.08.2018, Бюл. № 15. 12 с. *Внесок здобувача: патентний пошук та аналіз способів одержання м'яких сирів, розробка формули винаходу та його опис.*

29. Спосіб комплексної переробки молока у капсулу та харчовий капсульований продукт: пат. на винахід 117549, Україна, МПК А23С 23/00, А23Р 10/30 / Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П.; патентовласник Пивоваров П. П. № 117549; заявл. 14.07.2017; опубл. 10.08.2018, Бюл. № 15. 10 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку, розробка формули винаходу та його опис, підготовка заявки на видачу патенту.*

30. Харчовий капсульований продукт: пат. на корисну модель 121329, Україна, МПК А23С 19/068, А23J 1/20, А23Р 10/30 / Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П.; патентовласник Пивоваров П. П. № 121329; заявл. 14.07.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 10 с. *Внесок здобувача: патентний пошук інноваційних способів капсулювання харчових продуктів, розробка формули винаходу та його опис, підготовка заявки на видачу патенту.*

31. Спосіб комплексної переробки молока у харчовий капсульований продукт: пат на корисну модель 121330, Україна, МПК А01J 11/00, А23С 9/00, А23Р 10/30 / Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П.; патентовласник Пивоваров П. П. № 121330; заявл. 14.07.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 10 с. *Внесок здобувача: патентний пошук, розробка інноваційного способу комплексної переробки молока, опрацювання формули винаходу та його опис.*

32. Капсульований м'який сир: пат на корисну модель 121331, Україна, МПК А01J 25/00, А23С 1/00, А23С 19/00, А23Р 10/30 / Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П.; патентовласник Пивоваров П. П. № 121331; заявл. 14.07.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 11 с. *Внесок здобувача: патентний пошук технологій виробництва м'яких сирів та визначення їх вад та недоліків, розробка формули винаходу та його опис.*

33. Спосіб отримання капсульованих м'яких сирів: пат. на корисну модель 121332, Україна, МПК А01J 25/00, А23С 3/00, А23С 19/00, А23Р 10/30 / Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П.; патентовласник Пивоваров П. П. № 121332; заявл. 14.07.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 11 с. *Внесок здобувача: визначення недоліків існуючих способів виробництва м'яких сирів, формулювання переваг розробленого способу, розробка формули винаходу та його опис.*

34. Капсула для м'якого сиру: пат. на корисну модель 122220, Україна, МПК А01J 25/00, А01J 25/12, А23С 19/00, А23Р 10/30 / Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П.; патентовласник Пивоваров П. П. № 122220; заявл. 14.07.2017; опубл. 26.12.2017, Бюл. № 24. 10 с. *Внесок здобувача: здійснення патентного пошуку способів одержання їстівних капсул, розробка формули винаходу та його опис.*

35. Гринченко Н. Г., Плотнікова Р. В. Регулювання технологічних властивостей молока шляхом використання сорбентів на основі альгінату натрію // Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства: тези І Міжнар. наук.-практ. конф., присв. 35-річчю технол. ф-ту, 23–24 квітня 2009 р. / Полт. ун-т споживчої кооперації. Полтава, 2009. С. 20–22. *Внесок здобувача: керівництво експериментальними дослідженнями з регулювання технологічних властивостей молока.*

36. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г. Перспективи використання демінералізованої вторинної молочної сировини в технології десертної продукції // Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування: тези Всеукр. наук.-практ. конф., присв. 20-річчю з дня заснування товарознав. ф-ту, 21–22 жовтня 2009 р. / ХДУХТ. Харків, 2009. С. 318–320. *Внесок здобувача: аналіз та узагальнення способів демінералізації молочної сировини, розробка технологічних принципів її використання в технології десертної продукції.*

37. Плотникова Р. В., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Исследование структурно-механических свойств гелей на основе альгината // Актуальные проблемы экономики, менеджмента, маркетинга: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 17–19 ноября 2009 р. / БелГУ. Белгород, 2009. Ч. 1. С. 250–253. *Внесок здобувача: визначення механізмів формування гелів на основі альгінату натрію та встановлення закономірностей зміни їх структурно-механічних властивостей.*

38. Гринченко Н. Г., Плотникова Р. В. Використання декальцинованого молока в технології десертної продукції // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 76-ї наук. конф. молодих учених, асп. і студ., 12–13 квітня 2010 р. / Нац. ун-т харч. техн. Київ, 2010. Ч. 1. С. 97–98. *Внесок здобувача: обґрунтування доцільності процесу декальцифікації молока в технології десертної продукції.*

39. Плотникова Р. В., Гринченко Н. Г. Вплив декальцинування молочної сировини на середній діаметр часток казеїну та термостійкість молока // Молодь Європи в соціально-економічних процесах XXI століття: тези Міжнар. наук.-практ. конф. студ., магістр., асп., молодих учених, 22 квітня 2010 р. / Київ. нац. торг.-екон. ун-т, Харк. торг.-екон. ін-т КНТЕУ. Харків, 2010. С. 167. *Внесок здобувача: визначення кореляційної залежності між середнім діаметром частинок казеїну та кількістю вилученого з молочної сировини лактокальцію, підтвердження механізму забезпечення колоїдної стабільності молока.*

40. Плотникова Р. В., Гринченко Н. Г. Використання харчових добавок в технології десертної продукції на основі молочної сировини // Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини: матеріали IV Міжнар. між галуз. наук.-практ. конф., 7–9 квітня 2011 р. / Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. Донецьк, 2011. С. 260–261. *Внесок здобувача: обґрунтування теоретичних передумов використання харчових добавок у технології десертної продукції.*

41. Плотникова Р. В., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Технологія напівфабрикатів для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини // Прогресивна 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., 19 травня 2011 р.] / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2011. С. 26. *Внесок здобувача: керування експериментальними дослідженнями з обґрунтування рецептурного складу та технологічного процесу виробництва напівфабрикатів для солодких страв.*

42. Пивоваров П. П., Гринченко Н. Г., Плотникова Р. В. Сучасні підходи до виробництва м'якого морозива у закладах ресторанного // Торгівля та готельно-ресторанний бізнес: інноваційний розвиток в умовах глобалізації: тези Всеукр. наук.-практ. конф., присв. 90-річчю з дня народж. ректора університету (1967–1988 рр.), канд. екон. наук, проф., заслуженого діяча вищої школи Української РСР Бережного І. Г., 20 квітня 2012 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2012. С. 231–232. *Внесок здобувача: узагальнення та обґрунтування переваг і недоліків використання напівфабрикатів в технології м'якого морозива.*

43. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Обґрунтування технологічних параметрів отримання напівфабрикатів десертної продукції на основі молочної та плодово-ягідної сировини // Прогресивна 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., присвяч. 45-річчю ХДУХТ, 18 жовтня 2012 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2012. Ч. 1. С. 80–81. *Внесок здобувача: керівництво дослідженнями з експериментального обґрунтування технологічних параметрів одержання напівфабрикатів десертної продукції*

44. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Технологія напівфабрикатів десертної продукції на основі молочної сировини з регульованим сольовим складом з використанням стабілізаційних систем // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві: тези Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 14–16 листопада 2012 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2012. С. 17–18. *Внесок здобувача: розробка концепції нової продукції.*

45. Гринченко О. О., Янчева М. О., Гринченко Н. Г. та ін. Актуальні проблеми використання мікроінгредієнтів в технології харчової продукції // Хімія, біо- і нанотехнології, екологія і економіка в пищевой и косметической промышленности: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., 10–13 июня 2013 г. Харьков, 2013. С. 256–261. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування виду та способу використання мікроінгредієнтів у технології харчової продукції.*

46. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Обґрунтування рецептурного складу напівфабрикатів для десертної продукції на основі молочної та плодово-ягідної сировини // Прогресивна 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., присв. 75-річчю з дня народж. ректора університету (1988–1991 рр.), д-ра техн. наук, проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ Беляєва М. І., 19 листопада 2013 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2013. Ч. 1. С. 103–104. *Внесок здобувача: керування експериментальними дослідженнями з обґрунтування раціонального рецептурного складу напівфабрикатів.*

47. Плотнікова Р. В., Гринченко Н. Г. Технологія десертної продукції на основі напівфабрикату з регульованим складом сольової системи // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 22 травня 2014 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2014. Ч. 1. С. 61–62. *Внесок здобувача: розробка концепції нової продукції.*

48. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д. О. Перспективні напрями розширення асортименту кулінарної продукції з сиру кисломолочного // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 14 травня 2015 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2015. Ч. 1. С. 11–12. *Внесок здобувача: аналіз існуючого асортименту кулінарної продукції з сиру кисломолочного та визначення перспективних напрямів його розширення.*

49. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д.О. Технологічні аспекти виробництва сиру кисломолочного з регульованими функціонально-технологічними // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: тези Міжнар. наук.-практ. конф., 8–11 вересня 2015 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2015. С. 243–244. *Внесок здобувача: розробка та узагальнення ефективних способів регулювання функціонально-технологічних властивостей сиру кисломолочного.*

50. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д.О. Розробка блок-схеми з контролю показників якості та безпечності сиру // Химия, био- и нанотехнологии, экология и экономика в пищевой и косметической промышленности: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 15–16 октября 2015 г. / НТУ «ХПИ». Харьков, 2015. С. 230–232. *Внесок здобувача: розробка методологічних підходів до оцінки якості та безпечності сиру кисломолочного.*

51. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д.О. Дослідження структурно-механічних показників сиру кисломолочного, одержаного шляхом керованої коагуляції білків молока // 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. Ч. 1. С. 36–37. *Внесок здобувача: встановлення кореляційних залежностей між складом сольової системи молочної сировини та структурно-механічними показниками сиру кисломолочного, одержаного на її основі.*

52. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д.О., Гринченко О.О. Використання імітаторів жиру в технології харчової продукції // Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 30-31 травня 2016 р. / Донец. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. Кривий Ріг, 2016. С. 115. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування можливості використання сиру кисломолочного з регульованими функціонально-технологічними властивостями як імітатора жиру.*

53. Grynchenko N. G., Plotnikova R. V., Tyutyukova D. A. Scientific research of sorption ionized calcium as a factor in increasing thermal stability of raw milk // Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції: матеріали п'ятої Міжнар. наук.-практ. конф., 7–8 листопада 2016 р. / Нац. ун-т харч. технол. Київ, 2016. С. 95–96. *Внесок здобувача: визначення закономірностей та опис механізму впливу іонного лактокальцію на термостабільність молока.*

54. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д.О. Перспективні напрямки регулювання функціонально-технологічних властивостей молока // Удосконалення процесів і обладнання – запорука інноваційного розвитку харчової промисловості: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 8–10 листопада 2016 р. / Нац. ун-т харч. технол. Київ, 2016. С. 64–65. *Внесок здобувача: узагальнення існуючих та розробка інноваційних способів регулювання функціонально-технологічних властивостей молока.*

55. Гринченко Н. Г., Плотникова Р. В., Тютюкова Д.О. Исследование органолептических и функционально-технологических свойств гранулированных продуктов на основе альгината кальция // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: материалы III Междунар. науч.-практ. конф.,



23–24 марта 2017 г. / БГАТУ. Минск, 2017. С. 387–389. *Внесок здобувача: керування експериментальними дослідженнями з визначення органолептичних та технологічних властивостей гранульованих продуктів на основі альгінату кальцію.*

56. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д. О., Блищик С.С., Гринченко О.О. Дослідження фізико-хімічних властивостей гранульованої продукції як джерела альгінату кальцію та розробка рекомендацій з його використання // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю заснування Харківського держ. ун-ту харч. та торг., 18 травня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2017. Ч. 1. С. 17–18 *Внесок здобувача: наукове обґрунтування рекомендацій із використання гранульованої продукції на основі альгінату кальцію як дієтичної добавки.*

57. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д. О., Листопад А. П. Вплив технологічних чинників на рівновагу міцелярного та йонного кальцію в сироватці // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези Міжнар. наук.-практ. конф., присв. 50-річчю заснування Харківського держ. ун-ту харч. та торг., 18 травня 2017 р. Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2017. Ч. 1. С. 65–66. *Внесок здобувача: розробка феноменологічної моделі динамічної рівноваги міцелярного та йонного лактокальцію, перевірка її на адекватність.*

58. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д. О., Листопад А. П. Сучасні тенденції в технології кулінарної продукції на основі сиру кисломолочного // Актуальні проблеми розвитку ресторанного, готельного та туристичного бізнесу в умовах світової інтеграції: досягнення та перспективи: тези Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю заснування Харківського держ. ун-ту харч. та торг. й 10-річчю запровадження в Україні спец. «Готельно-ресторанна справа», 21 вересня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2017. С. 99–103. *Внесок здобувача: узагальнення сучасних тенденцій у технології кулінарної продукції та обґрунтування перспектив використання в її складі сиру кисломолочного на основі молока з регульованим ССС.*

59. Гринченко Н. Г., Тютюкова Д. О., Пивоваров П. П. Дослідження дисперсності сиру кисломолочного нежирного у взаємозв'язку з вмістом кальцію у вихідній сировині // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: матеріали другої Міжнар. наук.-практ. конф., 5–7 вересня 2017 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, Мелітополь, Кирилівка, 2017. С. 237–238. *Внесок здобувача: дослідження закономірностей зміни дисперсності сиру кисломолочного залежно від вмісту кальцію у вихідній сировині.*

60. Тютюкова Д. О., Гринченко Н. Г., Булгакова А. С., Гонтар Н. О. Розробка технології виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного нежирного для кулінарної та кондитерської продукції // Modern methods, innovation, and experience of practical application in the field of technical science: International research and practice conference: Conference Proceedings, december 27–28, 2017 / Radom, 2017. P. 184–187. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування*

*асортименту і технології кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного.*

61. Гринченко Н. Г., Листопад А. П., Блищик С. С. Перспективи використання сироватки в технології капсульованої продукції // *The development of technical sciences: problems and solutions: The international research and practical conference, april 27–28, 2018: Brno, 2018. P. 22–25. Внесок здобувача: оцінка потенціалу іонного лактокальцію як передумови розробки технології капсульованої продукції на основі сироватки молочної.*

62. Горальчук А. Б., Гринченко О. О., Гринченко Н. Г. та ін. Харчові добавки: навч. посібник. Харків: ХДУХТ, 2017. 483 с. *Внесок здобувача: аналіз сучасних даних про іонотропні гелеутворювачі, систематизація інформації щодо способу їх одержання, хімічного складу, структури, функціонально-технологічних властивостей.*

63. Энциклопедия питания: в 10 т. Т. 4. Пищевые добавки / под общ. ред. А. И. Черевко, В. М. Михайлова; сост.: В. А. Большакова, Б. Б. Ботштейн, Т. Н. Головки, А. Б. Горальчук, О. А. Гринченко, Н. Г. Гринченко, С. В. Журавлев, Н. В. Камсулина, О. П. Неклеса, Р. В. Плотникова, О. Ю. Рябец, Т. В. Троцкий, М. А. Янчева. Харьков: Мир Книг, 2016. 645 с. *Внесок здобувача: систематизація інформації щодо використання іонотропних гелеутворювачів в інноваційних технологіях харчової продукції.*

## АНОТАЦІЯ

Гринченко Н.Г. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію. – Рукопис.

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

Дисертаційну роботу присвячено теоретичному та експериментальному обґрунтуванню технологій стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію. Виробництво розроблених напівфабрикатів дозволило підвищити ефективність технологічних процесів переробки молочної сировини, розробити широкий асортимент конкурентоспроможної продукції з високими споживними властивостями та експортним потенціалом.

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано та доведено наукову концепцію – керовані зміни вмісту іонного лактокальцію у складі технологічних рідких середовищ на основі молочної сировини шляхом корегування розчинності кальційвміщуючих солей та утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів дозволять забезпечити колоїдну стабільність і структурування харчових систем з одержанням широкого асортименту напівфабрикатів із новими споживними властивостями.

Одержано комплекс даних, які характеризують органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні та токсикологічні показники нової продукції, її харчову та біологічну цінність. Розроблено та затверджено нормативну та технологічну документацію, здійснено упровадження науково-технічних розробок у виробництво та освітній процес.

*Ключові слова:* молочна сировина, лактокальцій, технологічне рідке середовище, хімічний потенціал, термодинамічна рівновага, альгінат натрію, склад сольової системи, напівфабрикат, капсулювання.

## АННОТАЦІЯ

Гринченко Н.Г. Научное обоснование технологий полуфабрикатов на основе молочного сырья, полученных путем реализации потенциала лактокальция. – 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, 2018.

Диссертационная работа посвящена теоретическому и экспериментальному обоснованию технологий стабилизированных и структурированных сферообразных полуфабрикатов на основе молочного сырья, полученных путем реализации потенциала лактокальция. Производство разработанных полуфабрикатов позволило повысить эффективность технологических процессов переработки молочного сырья, разработать широкий ассортимент конкурентоспособной продукции с высокими потребительскими свойствами и экспортным потенциалом.

На основании теоретических и экспериментальных исследований сформулирована и доказана научная концепция – управляемые изменения содержания ионного лактокальция в составе технологических жидких сред на основе молочного сырья путем корректировки растворимости кальцийсодержащих солей и образования альгинат-лактокальциевых комплексов позволят обеспечить коллоидную стабильность и структурирование пищевых систем с получением широкого ассортимента полуфабрикатов с новыми потребительскими свойствами.

Получен комплекс данных, характеризующих органолептические, физико-химические, микробиологические и токсикологические показатели новой продукции, ее пищевую и биологическую ценность. Разработана и утверждена нормативная и технологическая документация, осуществлено внедрение научно-технических разработок в производство и образовательный процесс.

*Ключевые слова:* молочное сырье, лактокальций, технологическая жидкая среда, химический потенциал, термодинамическое равновесие, альгинат натрия, состав солевой системы, полуфабрикат, капсулирование.

## ANNOTATION

Grynchenko N. Scientific substantiation of technologies of semi-finished products based on dairy raw materials, obtained by realizing the potential of lactocalcium. - Manuscript.

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

The thesis is devoted to the theoretical and experimental substantiation of technologies for stabilized and structured sphere-like semi-finished products based on dairy raw materials. Their production is based on the realization of the lactocalcium potential due to a controlled change in its state and content in the composition of technological liquid media based on dairy raw materials by adjusting the solubility of calcium inducing salts and the formation of alginate-lactocalcium complexes. Substantiated principles allow to develop a wide range of high quality products with new consumer properties.

«Technological liquid medium» (TLM) concept is introduced, which allows for the identification of raw milk (raw milk and skimmed milk –  $TLM_m$ , whey milk –  $TLM_w$  and their mixtures –  $TLM_{mix}$ ) as complex in composition, condition and structure of the system and is the methodological basis of the organization scientific research, which allowed to expand the scientific and practical understanding of the role of chemical, thermodynamic and technological potentials of the TLM, including the salt system composition (SSC), in the construction and implementation of new data of technological ecosystems.

A phenomenological model of the dynamic equilibrium of micellar and ionic lactocalcium ( $Ca_{Lact}^{2+}$ ) within the technological chain  $TLM_m \longrightarrow TLM_w$ , based on an assessment of the thermodynamic potential of the salt system, is developed and tested for adequacy. It is established and scientifically substantiated that in the concentration range  $(4,0-10,0) \leq Ca_{Lact}^{2+} \leq (43,0-88,0)$  mg%, a dynamic equilibrium of micellar and ionic lactocalcium is achieved, which determines the direction of TLM processing into semi-finished products with high consumer properties. Taking into account the patterns of formation of alginate-lactocalcium complexes, it is scientifically grounded on the prerequisites for obtaining structured sphere-like semi-finished products from encapsulated  $TLM_w$  and  $TLM_{mix}$ . It is experimentally confirmed that the concentration of ionic lactocalcium  $(20,0 \pm 0,1)$  mg% is the minimum necessary for the implementation of the encapsulation process.

The model of the technological process of  $TLM_m$  production with adjustable SSC with high thermal and acid resistance is scientifically substantiated and developed, which is implemented in the technology of semi-finished dessert products. An effectiveness of using juices or purees as pH  $TLM_m$  correctors is proved, which reduces the pH of the systems in 5,0–5,5 and remove the salt from the  $TLM_m$  to 10,0–15,0%  $Ca_{Lact}^{2+}$  before the initial content. The nutritional and biological value of semi-finished products are determined, their quality and safety indicators are investigated.

As part of testing the developed theoretical models for adequacy, a cottage cheese technology is developed on the basis of  $TLM_m$  with adjustable SSC. It is confirmed that, due to the decalcification degree of  $TLM_m$ , by 25,0–30,0% before the initial content, the yield of the product increases due to an increase in the mass fraction of moisture.

The dynamics of the accumulation of ionic lactocalcium in TLM is determined experimentally. It is proved that  $TLM_w$  is an effective carrier of chemical potential, which allows its use of the adequacy of  $TLM_w:TLM_m$  as 1:(2,5–4,4) to obtain encapsulated semi-finished products. Rational parameters of the technological process of production of encapsulated semi-finished products is scientifically proved, technologies for semi-finished products encapsulated on the basis of milk, milk and dairy whey are developed, which are characterized by a pronounced resource saving effect. Under the condition of provision  $C_{Ca^{2+}_{Lact}} = 35,0–40,0$  mg%, the possibility of  $TLM_m$  encapsulation for a condensation factor of 4.0 is proved, which is a prerequisite for the implementation of the technological process of producing encapsulated semi-finished dairy products (soft encapsulated cheese).

The regularities of changes in the quality and safety of semi-finished products during storage are investigated, the conditions and terms of their storage are determined. It is proved that in terms of microbiological, toxicological indicators and the content of food additives, semi-finished products meet the requirements of the state food control system. Recommendations for the use of the developed semi-finished products in the technology of culinary and confectionery products are scientifically proved. It is proved that the use of the obtained semi-finished products in the restaurant industry establishments allows to expand the range, offer products with new consumer properties and constant quality indicators, improve the efficiency of the institutions of the restaurant industry. A set of measures is implemented to implement the research results into production at the enterprises of the dairy industry, the restaurant industry of Ukraine, Spain, Poland, and into the educational process of Kharkiv State University of Food Technology and Trade.

Based on the concept of the stakeholder theory, the effectiveness of the implementation of the developed technologies is evaluated using a combination of characteristics reflecting the scientific, scientific and technical, socio-economic and environmental effect of the developments. It is proved that according to the criteria of “innovation”, “commercial advantage” and “competitiveness” in the plane of certain key stakeholders (developer/producer, government, consumer, investor), the developed technologies are effective.

*Keywords:* dairy raw materials, lactocalcium, chemical potential, thermodynamic equilibrium, sodium alginate, decalcification, semi-finished products, encapsulations.

Автор вважає за доцільне навести визначення деяких термінів, які використовуються в дисертаційному дослідженні.

- |  |   |
|--|---|
| Технологічне рідке середовище (TRC)  | – молоко сире, сироватка, суміш молоко – сироватка й інша сировина та її суміші, технологічні показники яких оцінюють за наявністю в них потенціалу (хімічного, термодинамічного, технологічного та ін.).   |
| Технологічне рідке середовище «молоко» (TRC <sub>м</sub> )                                   | – молоко, технологічні показники якого оцінюють за наявністю в ньому потенціалу, який не враховується під час його оцінювання як сировини, зокрема хімічного потенціалу солей та електролітів, лактози, потенціалу щодо стабілізації його колоїдного стану та керованого впливу на нього. |
| Потенціал (загальноприйняте трактування)   | – сукупність властивостей, накопичених системою під час її утворення, що характеризує систему з точки зору використання наявних властивостей, являючи собою єдність стійкого та мінливого станів. Потенціал містить у собі як «потенції» елементи майбутнього розвитку системи.           |
| Технологічний потенціал  | – сукупність технологічних властивостей харчової сировини, технологій виробництва та способів їх реалізації під час перетворення сировини в продукцію з визначеними споживними властивостями, необхідну для задоволення потреб суспільства.   |
| TRC <sub>м</sub> з регульованим складом сольової системи / TRC <sub>м</sub> декальцифіковане | – молоко, одержане з молока знежиреного шляхом сорбції іонного лактокальцію речовиною-модифікатором (альгінатом натрію).  |
| Лактокальцій ( $Ca_{Lac}$ )  | – кальцій як мінеральний елемент, який входить до складу виключно молочної сировини, продуктів молочних та кисломолочних і не вноситься додатково у вигляді харчових чи дієтичних добавок.  |
| «Відкрита» система   | – система, яка взаємодіє з навколишнім середовищем у будь-якому аспекті – енергетичному, матеріальному та ін., а також має здатність пристосовуватися до змін у зовнішньому середовищі та повинна робити це для того, щоб продовжити своє існування.                                      |
| «Напівзакрита» система   | – система, частково ізольована від зовнішнього середовища, елементи якої взаємодіють тільки один з одним, не маючи контактів із зовнішнім середовищем.  |

Автор висловлює подяку д.т.н., проф. М. І. Погожих за наукові консультації та методичну допомогу, що були надані під час виконання дисертації, к.т.н., доц. Р. В. Плотніковій, к.т.н. Д. О. Тютюковій – за співпрацю під час упровадження результатів дослідження.

Підписано до друку 16.11.2018 р. Формат 60×90/16. Папір офсет. Друк офсет.  
Умов. друк. арк. 2,9. Тираж 130 прим. Замовл. №18112101

---

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