

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ГРИНЧЕНКО НАТАЛЯ ГЕННАДІЇВНА

УДК 001.891:637.521:637.044

ДИСЕРТАЦІЯ

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

ТОМ 1

Спеціальність 05.18.16 – технологія харчової продукції

Технічні науки

Подається на здобуття наукового
ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Н.Г. Гринченко

Науковий консультант:

Пивоваров Павло Петрович,
доктор технічних наук, професор

Харків – 2018

АНОТАЦІЯ

Гринченко Н.Г. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

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, що забезпечується керуванням динамічною рівновагою між його міцелярним та іонним станом. Виробництво розроблених напівфабрикатів дозволило підвищити ефективність технологічних процесів переробки молочної сировини, розробити широкий асортимент конкурентоспроможної продукції з високими споживними властивостями та експортним потенціалом.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано й доведено наукову концепцію дослідження – керовані зміни вмісту іонного лактокальцію (Ca_{Lact}^{2+}) 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 напівфабрикатів із новими споживними властивостями. Введено нове поняття – «технологічне рідке середовище» (TRC), яке дозволяє здійснити ідентифікацію молочної сировини (молоко сире та молоко знежирене – TRC_м, сироватка молочна – TRC_с та їх суміші – TRC_{сум}) як складної за складом, станом та структурою системи та є методологічним підґрунтям організації наукових досліджень, які дозволили розширити науково-практичне уявлення про роль хімічних, термодинамічних та технологічних потенціалів TRC, у тому числі

складу сольової системи (ССС), в побудові та реалізації нових сучасних технологічних процесів.

Розроблено та перевірено на адекватність феноменологічну модель динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію в межах технологічного ланцюга $TPC_M \rightarrow TPC_c$. Модель базується на оцінці термодинамічного потенціалу ССС та забезпечує реалізацію науково-практичного напрямку зі створення стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів. Визначено, що реалізацію наявних і новоутворених потенціалів ТРС підпорядковано керованим структурним перетворенням харчових систем. Визначено, що під час переробки сировини для забезпечення стану рівноваги та вирівнювання потенціалів, що є умовою термодинамічної та технологічної стабільності продукту, необхідне подолання певного енергетичного бар'єра – енергії активації (E_a) (для TPC_M – хімічного потенціалу), величина якого визначається станом речовин та етапом технологічного процесу. Це дозволяє спрогнозувати напрями переробки молочної сировини з одержанням питомої цінності кінцевого продукту, утворення якої супроводжується витратами сумарної енергії системи. Зниження загального потенціалу системи на величину енергії активації цього технологічного впливу є умовою утворення питомої цінності.

Для одержання продукту з додатковою питомою цінністю із сировини, за відсутності потенціалу, який забезпечує $E_{сум}^a > E_{\Omega_0}^a$, $E_{вт.с.}^a > E_{\Omega_0}^a$, є доцільною зміна вектора технологічного впливу та реалізації накопичених у технологічному потоці потенціалів. Із розуміння, що масова частка лактокальцію у TPC_M є величиною постійною й у певний проміжок часу співвідношення не буде змінюватися, є очевидним, що умовами термодинамічної та технологічної стабільності є зменшення масової частки Ca_{Lact}^{2+} . Теоретично та експериментально доведено, що термодинамічно та технологічно стабільний стан продукту може бути одержано двома шляхами – пасивним (трансформацією TPC_M за реалізації традиційних технологічних впливів) та інтенсивним (як результат утворення $TPC_{сум}$).

Доведено, що $TPC_{\text{сум}}$ характеризується вищими значеннями ентальпії відносно $TPC_{\text{м}}$ за рахунок зростання концентрації Ca_{Lact}^{2+} . За умови, що у $TPC_{\text{сум}}$ відсутній потенціал, здатний компенсувати новий хімічний потенціал $\mu_{Ca_{\text{Lact}}^{2+}} \cdot C_{Ca_{\text{Lact}}^{2+}}$, а традиційні методи технологічного впливу є малоефективними, прийнято рішення щодо використання альгінату натрію (*AlgNa*) як ефективного сорбенту Ca_{Lact}^{2+} . Визначено, що дозоване введення розчину *AlgNa* у TPC або навпаки супроводжується компенсацією потенціалів $\mu_{Ca_{\text{Lact}}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{\text{Lact}}^{2+}} - \mu_{\text{Alg}^-} \cdot C_{\text{Alg}^-}$. Це призводить до зменшення ентальпії TPC за вмістом Ca_{Lact}^{2+} і виникнення нового рівня рівноваги системи « TPC -*AlgNa*». Результатом досягнення рівноваги є утворення нової фази – альгінату кальцію ($\text{Alg}_2 Ca_{\text{Lact}}$). Виявлено, що за високого потенціалу Ca_{Lact}^{2+} гідрофобізація *AlgNa* буде стрімко зростати з втратою спорідненості його з розчинником, що призведе до деформації ланцюгів макромолекул. Структура макромолекул *AlgNa* в розчині впорядковуватиметься у бік утворення замкнених енергетично вигідних просторових структур – капсул. За низького потенціалу Ca_{Lact}^{2+} утворення капсул не можливе, а в системі матимуть місце низькокінетичні процеси з утворенням гранул.

Експериментальне підтвердження вищезазначених положень знайшло віддзеркалення в науково обґрунтованих технологіях стабілізованих і структурованих сфероподібних напівфабрикатах. На підставі узагальнення результатів досліджень науково обґрунтовано технологію виробництва $TPC_{\text{м}}$ з регульованим ССС із підвищеними термо- та кислотостійкістю. Вона є базовою для розробки технологій напівфабрикатів десертної продукції та з сиру кисломолочного. Методом молекулярно-масового розподілу фракцій систем «*AlgNa* - Ca_{Lact} » та ІК-спектроскопії доведено зв'язування іонного лактокальцію *AlgNa* в альгінат-лактокальцієві комплекси.

Підтверджено можливість використання в технологічному процесі виробництва напівфабрикатів десертної продукції соків або пюре, які за умов реалізації моделі 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_м 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 у широкому інтервалі температур і рН. Науково обґрунтовано та розроблено технологію 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).

З урахуванням сформульованих положень теоретичної моделі розроблено технологію напівфабрикатів з сиру кисломолочного на основі ТРС_м з регульованим ССС. Установлено, що зменшення вмісту лактокальцію у ТРС_м 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. Доведено, що результатом керованого регулювання ССС ТРС_м 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_м з регульованим ССС, до додаткової солюбілізації дозволила модифікувати його структуру в область більш гомогенних систем шляхом зсуву рН у бік нейтральних значень за рахунок буферної ємності ТРС_м з регульованим ССС. Це дозволило одержати на основі цих сумішей напівфабрикати з сиру кисломолочного у вигляді прямої емульсії. Рецептний 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.

Науково обґрунтовано технологічні параметри виробництва структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі ТРС_с, ТРС_{сум}. Установлено закономірності накопичення іонного лактокальцію залежно від рН ТРС_м (7,0–4,0). Визначено, що концентрація Ca_{Lact}^{2+} (20,0±0,1) мг%, яка відповідає коефіцієнту форми капсул 1,0, досягається за рН=5,5±0,1. Зі зниженням рН до значень 4,5–4,0 вміст Ca_{Lact}^{2+} підвищується до 50,0–88,0 мг%, що дозволяє використовувати ТРС_с для створення ТРС_{сум} за співвідношення ТРС_с:ТРС_м як 1: (2,5–4,4). На підставі дослідження коефіцієнту форми напівфабрикатів на основі ТРС_с, динаміки приросту маси капсул обґрунтовано раціональні вміст рецептурних компонентів та технологічні параметри капсулоутворення.

Використання накопиченого надлишкового для капсулоутворення потенціалу лактокальцію у складі ТРС_с дозволяє створювати на його основі суміші: з ТРС_м 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±0,1) мг%. 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%), фактор згущення ($1,0 \leq \Phi \leq 4,0$), тривалість капсулювання ($0,5 \cdot 60 \leq \tau \leq 15,0 \cdot 60$ с), рН середовища ($4,0 \leq \text{pH} \leq 7,0$) – дозволили експериментально обґрунтувати раціональні параметри технологічного процесу одержання напівфабрикатів капсульованих на основі ТРС_с і ТРС_{сум}. Науково обґрунтовано 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»).

Комплексно досліджено харчову цінність, показники якості та безпечності нової продукції та їх зміни під час зберігання. Установлено, що напівфабрикати характеризуються високою поживною та біологічною цінністю. 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 сфероподібних – 90 діб. Доведено, що органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники, а також хімічних склад напівфабрикатів є сталим впродовж зберігання.

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.

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.

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

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, obtained by realizing the potential of lactocalcium, which is ensured by controlling the dynamic equilibrium between its micellar and ionic states. The production of the developed semi-finished products has made it possible to increase the efficiency of technological processes for the processing of raw milk, to develop a wide range of competitive products with high consumer properties and export potential.

On the basis of theoretical and experimental studies, the scientific concept of the study is formulated and proved – controlled changes in the content of ionic lactocalcium (Ca_{Lact}^{2+}) in the composition of technological liquid media based on raw milk by adjusting the solubility of calcium inducing salts and the formation of alginate-lactocalcium complexes will ensure colloidal stability and structuring food systems to obtain semi-finished products with new consumer properties. A new concept has been introduced – “technological liquid medium” (TLM), which allows identification of dairy raw materials (raw milk and skimmed milk – TLM_m, whey milk – TLM_w and their mixtures – TLM_{mix}) as complex in composition, state and structure of the system and is methodological the basis of the organization of scientific

research, which allows 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 modern technological processes.

A phenomenological model of the dynamic equilibrium of micellar and ionic lactocalcium within the technological chain of the $TLM_m \rightarrow TLM_w$ is developed and tested for adequacy. The model is based on the evaluation of the SSC thermodynamic potential and provides for the implementation of a scientific and practical direction for the creation of stabilized and structured sphere-like semi-finished products. It is determined that the implementation of existing and formed TLM potentials is subordinated to controlled structural transformations of food systems. It is determined that during the processing of raw materials to ensure the state of equilibrium and equalization of potentials, which is a condition for the thermodynamic and technological stability of the product, it is necessary to overcome a certain energy barrier – activation energy (E_a) (for TLM_m – chemical potential), the value of which is determined by the state of substances and the process step. This allows to predict the direction of processing of raw milk with obtaining the specific value of the final product, the formation of which is accompanied by the cost of the total energy of the system. Reducing the total potential of the system by the amount of activation energy of this technological impact is a condition for the formation of specific value.

To obtain a product with additional specific value from raw materials, in the absence of potential, which ensures $E_{mix}^a > E_{\Omega_0}^a$, $E_{s.r.m.}^a > E_{\Omega_0}^a$, it is advisable to change the vector of technological impact and realize the potential accumulated in the technological flow. From understanding that the mass fraction of lactocalcium in the TLM_m is a constant value and in a certain period of time the ratio will not change, it is obvious that in conditions of thermodynamic and technological stability there is a decrease in the mass fraction. It is theoretically and experimentally proven that the thermodynamically and technologically stable state of the product can be obtained in two ways – passive (by transforming TLM_m when implementing traditional technological influences) and intensive (as a result of forming TLM_{mix}).

It is proved that TLM_{mix} is characterized by high values of enthalpy relative to TLM_m due to an increase in Ca_{Lact}^{2+} concentration. It is provided that there is no potential in TLM_{mix} capable of compensating for the new chemical potential $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}} \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$, and traditional methods of technological impact are ineffective, a decision is made to use sodium alginate (*AlgNa*) as an effective Ca_{Lact}^{2+} sorbent. It is determined that the dosed introduction of *AlgNa* solution into TLM or vice versa is accompanied by compensation of potentials $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}} - \mu_{Alg^-} \cdot C_{Alg^-}$. This leads to a decrease in the TLM enthalpy in Ca_{Lact}^{2+} content and the emergence of a new level of equilibrium of the «TLM-*AlgNa*» system. The result of achieving equilibrium is the formation of a new phase – calcium alginate ($Alg_2 Ca_{Lact}$). It is found that at high Ca_{Lact}^{2+} potential the *AlgNa* hydrophobization will rapidly grow with the loss of its relationship with the solvent, which will lead to deformation of the chains of macromolecules. The structure of *AlgNa* macromolecules in solution is ordered towards the formation of closed energetically favorable spatial structures – capsules. With a low Ca_{Lact}^{2+} potential the formation of capsules is impossible, and in the system there will be low-kinetics processes with the formation of granules.

Experimental confirmation of the above provisions is reflected in the scientifically based technologies of stabilized and structured sphere-like semi-finished products. Based on the generalization of the research results, the technology of TLM_m production with adjustable SSC and high thermal and acid resistance is scientifically substantiated. It is the basis for the development of technologies for semi-finished dessert products and from cottage cheese. By the method of molecular mass distribution of fractions of systems "*AlgNa*- Ca_{Lact} " and IR spectroscopy the binding of the ionic lactocalcium *AlgNa* in alginate-lactocalcium complexes is proved.

A possibility of using dessert juices or purees in the process of production of semi-finished products, which in the conditions of the implementation of the model

act as solubility correctors and are both prescription components that determine the range of new products is confirmed. It is determined that with a mass fraction of concentrated currant juice – 10–30% or peach puree – 30–50% in a mixture with TLM_m, the pH of the systems is reduced to 5,0–5,5, which should be removed from the dosimeter to 10,0–15, 0% Ca_{Lact}^{2+} to initial content. The proposed approach allows to intensify the processes of Ca_{Lact}^{2+} accumulation and sorption with the provision of colloidal stability of semi-finished products in a wide range of temperatures and pH. The technology of semi-finished dessert products is scientifically substantiated and developed (TU U 15.8-01566330-264:2013 “Semi-finished products for sweet dishes based on milk and fruit raw materials”, Change 1:2018 to TU U 15.8-01566330-264:2013).

Taking into account the formulated provisions of the theoretical model, a technology is developed for semi-finished products made from cottage cheese on the basis of TLM_m with adjustable SSC. It is established that a decrease in the lactocalcium content in TLM_m leads to a decrease in the density of the fermented clot and its moisture release ability. At the same time, an increase in the mass fraction of the dissolved protein in serum is observed, which is explained by the transition of submicellar casein to a soluble state. It is proved that the result of controlled regulation of the TLM_m SSC by removing from it 25,0–30,0% lactocalcium to the primary content is the production of cottage cheese, which is characterized by improved technological properties, as evidenced by increased plasticity, as well as a uniform fine structure and lack of moisture separation in pH 4,5–4,7. The pronounced ability of cottage cheese proteins obtained from TLM_m with controlled SSC to additional solubilization allows modifying its structure to the region of more homogeneous systems by shifting the pH towards neutral values due to the TLM_m buffer capacity with adjustable SSC. This makes it possible to obtain on the basis of these mixtures semi-finished products from cottage cheese in the form of a direct emulsion. Prescription composition, technological process of production, quality and safety indicators of new products are reflected in TU U 10.5-01566330-324:2017

"Semi-finished products from cottage cheese", TU U 10.5-01566330-330:2018 "Semi-finished products from cottage cheese "CHEESE LINE"" and technological instructions for their production.

Technological parameters are scientifically proved for the production of structured sphere-like semi-finished products based on TLM_w , TLM_{mix} . The patterns of accumulation of ionic lactic calcium are established depending on TLM_m PH (7,0–4,0). It is determined that Ca_{Lact}^{2+} concentration (20,0±0,1) mg%, which corresponds to a capsule shape factor of 1,0, is achieved at pH = 5,5±0,1. With a decrease in pH to values of 4,5–4,0, Ca_{Lact}^{2+} content rises to 50,0–88,0 mg%, which allows the use TLM_w to create a TLM_{mix} to the adequacy of the adequacy of TLM_w : TLM_m as 1:(2,5–4,4). Based on the study of the coefficient of the form of TLM_w -based semi-finished products, the dynamics of the weight gain of the capsules, the reasonably rational content of the prescription components and the technological parameters of capsule formation are substantiated.

The use of the accumulated excess for encapsulation-forming potential of lactic calcium in the TLM_w composition makes it possible to create mixtures based on it: with TLM_m with an appropriate thickening factor (1,0 <F <4,0), sour-milk cheese, then paste-like or liquid components in amounts not less than (20,0±0,1) mg%. Study of the patterns of encapsulation depending on technological factors: $AlgNa$ concentration (1,0% ≤ C_{AlgNa} ≤ 2,0%) and ionic lactocalcium (7,0 ≤ $C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ ≤ 88,0 mg%), the thickening factor (1,0 ≤ F ≤ 4,0), the duration of encapsulation (0,5 · 60 ≤ τ ≤ 15,0 · 60 s), pH of the medium (4,0 ≤ pH ≤ 7,0) – allows to experimentally substantiate the rational parameters of the technological process of obtaining semi-finished products encapsulated on the basis of TLM_w and TLM_{mix} . The technology of semi-finished products encapsulated on the basis of whey of dairy, dairy and fermented milk, which are characterized by a pronounced resource saving effect (TU U 10.5-38128375-007:2018 ""Encapsulated dairy and fermented milk products ", TU U 10.5-38128375-008:2018 "Encapsulated whey milk-based products").

The nutritional value, quality and safety indicators of new products and their changes during storage are comprehensively studied. It is established that semi-finished products are characterized by high nutritional and biological value. The conditions and shelf life of semi-finished products are determined, at a temperature of 0 ... 6 °C and a relative humidity of no more than 75% are: for semi-finished dessert products – no more than 14 days, based on cottage cheese – 15 days; structured sphere-like – 90 days. It is proved that organoleptic, physico-chemical and microbiological indicators, as well as the chemical composition of semi-finished products is constant during storage.

The 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 determined that the profit from the production and sale of new products is 7985.40 UAH and 9947.50 UAH for semi-finished dessert products and from cottage cheese, respectively, 5571.72 UAH and 8006.48 UAH for semi-finished products based on whey and dairy, respectively 1000 kg of sales. 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.

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., Плотникова 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 / Плотникова 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 I 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., Плотнікова 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 // Химия, био- и нанотехнологии, экология и экономика 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.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	33
ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	34
ВСТУП	36
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ	
ОДЕРЖАННЯ НАПІВФАБРИКАТІВ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ	
СИРОВИНИ, ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВОЇ	
ПРОДУКЦІЇ (аналітичний огляд літератури)	49
1.1 Розвиток міжгалузевої кооперації як основа підвищення ефективності функціонування закладів ресторанного господарства	49
1.2 Сучасний стан та перспективи розвитку молочного виробництва України в системі євроінтеграційних координат	53
1.3 Теоретичні та практичні основи виникнення та реалізації потенціалу лактокальцію	58
1.3.1 Теоретичні та практичні основи стійкості харчових дисперсних систем. Термодинамічні аспекти реалізації потенціалів харчових систем	59
1.3.2 Сучасні уявлення про склад, структуру та властивості основних складових молока як поліфазної системи, їх зміни в технологічному потоці	68
1.4. Роль лактокальцію у формуванні технологічних властивостей молочної сировини, шляхи регулювання його вмісту та стану	79
1.5 Інновації в технології напівфабрикатів на основі молочної сировини та кулінарної продукції на їх основі	87
Висновки за розділом 1	103

РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЯ, ПРЕДМЕТИ, МАТЕРІАЛИ ТА	
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	105
2.1 Методологічні підходи, програма теоретичних та експериментальних досліджень	105
2.2 Предмети та матеріали дослідження	107
2.3 Методи дослідження	113
2.3.1 Методи відбору проб, визначення хімічного складу сировини, напівфабрикатів та готової продукції	113
2.3.2 Методи визначення фізико-хімічних та технологічних показників модельних систем, напівфабрикатів та готової продукції	113
2.3.3 Методи визначення структурно-механічних показників модельних систем, напівфабрикатів та готової продукції	121
2.3.4 Методи визначення показників безпечності, умов та строків зберігання, розрахунку харчової цінності напівфабрикатів і готової продукції	125
2.3.5 Методи розробки нових технологій, визначення органолептичних показників напівфабрикатів та готової продукції	126
2.3.6 Програмні засоби і комп'ютерні технології, статистична обробка експериментальних даних, методи моделювання технологічних процесів та математичної обробки експериментальних даних	127
2.3.7 Методи розрахунку економічної ефективності	128
Висновки за розділом 2	128
РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ	
НАПІВФАБРИКАТІВ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ, ОДЕРЖАНИХ ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ ЛАКТОКАЛЬЦІЮ	
3.1 Теоретичні передумови виникнення потенціалу лактокальцію в технологічному потоці переробки молочної сировини	130
3.2 Теоретичне дослідження та феноменологічна модель динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію у складі технологічного рідкого середовища «молоко»	145
3.3 Кінетика утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів як передумова обґрунтування параметрів технологічного процесу одержання структурованих сфероподібних напівфабрикатів	161
3.4 Інноваційний задум технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу	

	31
лактокальцію	177
Висновки за розділом 3	183
РОЗДІЛ 4 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ	
ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА СТАБІЛІЗОВАНИХ ТА	
СТРУКТУРОВАНИХ СФЕРОПОДІБНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ,	
ОДЕРЖАНИХ ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ	
ЛАКТОКАЛЬЦІЮ	185
4.1 Визначення умов утворення альгінат-кальцієвих комплексів	186
4.2 Наукове обґрунтування технологічних параметрів регулювання	
складу сольової системи ТРС «молоко»	192
4.3 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів	
десертної продукції	205
4.4 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів з	
сиру кисломолочного	214
4.5. Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів	
структурованих сфероподібних на основі ТРС «молоко», ТРС «сироватка»	
та їх сумішей	237
4.5.1 Оцінка технологічного рідкого середовища «сироватка» за	
наявними хімічним та технологічним потенціалом	340
4.5.2 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів	
структурованих сфероподібних на основі сироватки молочної капсульованих	248
4.5.3 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів	
молочних та кисломолочних капсульованих	258
Висновки за розділом 4	266
РОЗДІЛ 5 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ	
ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ, ОДЕРЖАНИХ	
ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ ЛАКТОКАЛЬЦІЮ,	
РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У СКЛАДІ	
КУЛІНАРНОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	
5.1 Дослідження основних показників якості та безпечності	
напівфабрикатів десертної продукції, розробка рекомендації з їх	
використання у складі кулінарної продукції	271
5.2 Дослідження основних показників якості та безпечності	
напівфабрикатів з сиру кисломолочного, розробка рекомендацій з їх	
використання у складі кулінарної та кондитерської продукції	288

5.3 Дослідження основних показників якості та безпечності напівфабрикатів структурованих сфероподібних, розробка рекомендацій з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції	304
5.4 Дослідження основних показників якості напівфабрикатів гранульованих, розробка рекомендацій з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції	322
Висновки за розділом 5	327
РОЗДІЛ 6 КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	330
6.1 Визначення ефективності впровадження розроблених технологій	330
6.2 Впровадження результатів дослідження у виробництво та освітній процес	346
Висновки за розділом 6	353
ВИСНОВКИ	355
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	359
ДОДАТКИ (ТОМ 2)	

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АК	– амінокислота /амінокислоти
БГКП	– бактерії групи кишкової палички
ВВЗ	– вологовиділяюча здатність
ВУЗ	– вологоутримуюча здатність
ЖК	– жирні кислоти
ЗРГ	– заклади ресторанного господарства
ККФК	– казеїнаткальційфосфатний комплекс
КМАФAM	– кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів
КУО	– колонієутворюючі одиниці
МГС	– модифіковане газове середовище
МЗ	– молоко знежирене
МЗД	– молоко знежирене декальцифіковане
ММР	– молекулярно-масовий розподіл
НД	– нормативна документація
СКД	– сир кисломолочний з молока знежиреного декальцифікованого
ССС	– склад сольової системи
ТРС	– технологічне рідке середовище
ТРС _м	– технологічне рідке середовище «молоко»
ТРС _с	– технологічне рідке середовище «сироватка»
ТРС _{сум}	– технологічне рідке середовище «суміш молоко – сироватка»
AlgNa	– альгінат натрію
B2B	– Business to business («бізнес для бізнесу»)
B2C	– Business to consumer («бізнес для споживача»)
Ca_{Lact}^{2+}	– іони лактокальцію, іонний лактокальцій
GRAS	– Generally Recognized As Safe (визнані безпечними)
HoReCa	– Hotel, Restaurant, Cafe/Catering (отель – ресторан – кафе/кейтерінг)

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Технологічне середовище (TRC)	<p>– 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.)</p>
Технологічне середовище «молоко» (TRC _м)*	<p>– 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</p>
Потенціал (загальноприйняте трактування)	<p>– 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.</p>
Технологічний потенціал	<p>– 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.</p>
TRC _м з регульованим складом сольової системи / TRC _м декальцифіковане Лактокальцій (Ca _{Lac})*	<p>– молоко, одержане з молока знежиреного шляхом сорбції іонного лактокальцію речовиною-модифікатором (альгінатом натрію).</p> <p>– кальцій як мінеральний елемент, який входить до складу виключно молочної сировини, продуктів молочних та кисломолочних і не вноситься додатково у вигляді харчових чи дієтичних</p>

- добавок.
- Маскон – структурна одиниця (елемент) певної речовини системи, що характеризується природньою чи штучно створеною нерівноважною надлишковою аномальною концентрацією маси, заряду, потенціалу тощо відносно інших елементів системи
- «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.

**Примітка:* У дисертаційній роботі поряд з нововведеними визначеннями предметів дослідження (ТРС «молоко», ТРС «сироватка», лактокальцій), використовуються й загальноприйняті, близькі їм за змістовним навантаженням. Зокрема, на етапі теоретичного обґрунтування технологій напівфабрикатів, розробки феноменологічних моделей введено та використовується визначення «технологічне рідке середовище «молоко»», «технологічне рідке середовище «сироватка»», які в рецептурному складі, технологічних схемах позначається (з огляду на товарознавчі характеристики) як молоко знежирене, сироватка молочна.

У розділі 1 під час посилання на інформаційні джерела переважно використовується визначення «кальцій», в той час як у авторській інтерпретації використовується визначення «лактокальцій».

ВСТУП

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. Крусь, 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, склотин, 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 іотропного 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 іотропних 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. Шаповалова»; № 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» (ТРС) 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 ТРС та експериментально підтвердити її адекватність;

– теоретично обґрунтувати та експериментально підтвердити закономірності накопичення хімічного потенціалу іонного лактокальцію в технологічному потоці переробки ТРС 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 ТРС «молоко» (ТРС_м), ТРС «сироватка» (ТРС_с), ТРС «суміш молоко – сироватка» (ТРС_{сум});

– 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 – TPC_m , TPC_c , $TPC_{сум}$, фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості розчинів *AlgNa* та систем «*AlgNa - Ca_{Lact}*», 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 TRC_m 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 TRC_m 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 АЛІЗАН» (акт від 12.07.2012 р.), ФО-П Канєвцев Д.В. (акт від 24.09.2013 р.), ТОВ «Клуб Болеро» (акт від 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 від 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.), 1 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.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ОДЕРЖАННЯ НАПІВФАБРИКАТІВ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ, ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ (аналітичний огляд літератури)

У даному розділі розглянуто перспективність запровадження міжгалузевої кооперації як основи підвищення ефективності функціонування закладів ресторанного господарства, висвітлено сучасний стан та перспективи розвитку молочного 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 в технологіях напівфабрикатів на основі молочної сировини та кулінарної продукції на їх основі

1.1 Розвиток міжгалузевої кооперації як основа підвищення ефективності функціонування закладів ресторанного господарства

За останні десятиліття світова економічна система зазнала кардинальних змін – характерними рисами сучасності є інтернаціоналізація ринків, суцільна інформатизація суспільства та значна диференціація попиту, що змушує бізнес шукати нові підходи організації економічної діяльності. На зміну (чи поряд) з такими формами взаємодії, як виробнича концентрація, кооперація, [спеціалізація](#) приходять нові конфігурації бізнес-моделей – B2B (англ. Business to Business), B2C (англ. Business to Consumer), аутсорсінг та інші [1].

У визначених умовах B2B-компанії працюють на задоволення потреб бізнесу, тобто виробляють та продають свою продукцію іншим компаніям, не включаючи до цього процесу кінцевого споживача продукту (виробники і

постачальники інгредієнтів, напівфабрикатів, таро-пакувальних матеріалів та інш.); В2С-компанії мають за мету задоволення потреб кінцевих споживачів, тобто здійснюють з ними безпосередню взаємодію (виробники алкогольних напоїв, соків, кисломолочних продуктів, хлібобулочних виробів та інш.) (рис. 1.1).

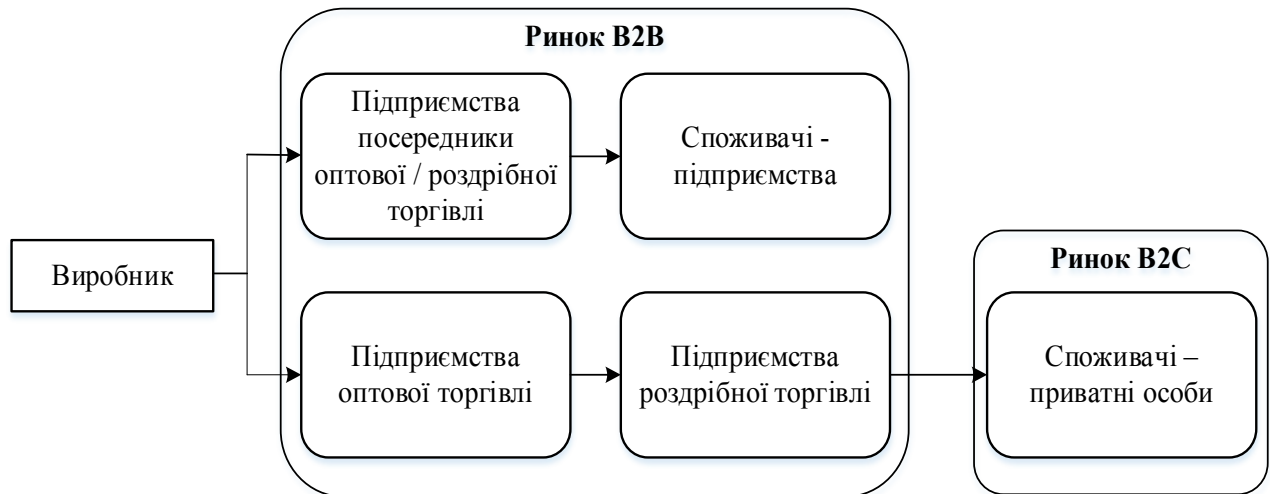


Рис. 1.1. Ринки В2В та В2С: канали збуту та кінцеві споживачі [2]

На думку фахівців галузі [2, 3], час організації бізнесу, коли, наприклад, виробник морозива займається всім – від випічки вафельних стаканчиків й виробництва глазури до виробництва власне морозива – пройшов. Сьогодні виробничий менеджмент спрямовано на оптимізацію економічних витрат з виробництва широкої номенклатури інгредієнтів та напівфабрикатів власними силами. Якщо не продавати інгредієнти/напівфабрикати іншим постачальникам, то дешевше закуповувати їх «на стороні». Таким чином, виробництво інгредієнтів і напівфабрикатів найчастіше або переростає в інший бізнес, а компанія – в холдинг вертикальної інтеграції, або продається чи згортається.

Аналіз інформаційних джерел [3, 4] дозволяє стверджувати, що в харчовій промисловості потенціал реалізації В2В процесів (рішень) достатньо поширений, практично розповсюджується на всі галузі й реалізується шляхом постачання інгредієнтів, напівфабрикатів, технологічного та лабораторного обладнання, пакувальних матеріалів та інш. В різних галузях харчової промисловості потенціал В2В процесів реалізується по-різному (рис. 1.2):

найбільш динамічно упровадження здійснюється виробниками харчових інгредієнтів (харчових добавок та їх сумішей), дещо повільно в хлібопекарній, кондитерській та м'ясній промисловості, більш консервативними є цукрова, борошномельно-круп'яна, крохмале-патокова галузі харчової промисловості.



Рис. 1.2. Потенціал реалізації V2B процесів в деяких галузях харчової промисловості України (діаметр кіл співвідноситься з рівнем упровадження інновацій у галузі) [5]

Рівень упровадження V2B процесів в молочній промисловості фахівці оцінюють як задовільний, визначаючи, що основними продуктами в ланцюзі V2B процесів є молоко сухе, казеїнати та інші, які широко використовуються в межах галузевої та міжгалузевої кооперації виробниками оліє-жирової, кондитерської, хлібопекарної та інших промисловостей. Що стосується міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес», то номенклатура продуктів (напівфабрикатів), які використовуються у виробничій діяльності останніх, є вкрай обмеженою (масло вершкове, вершки, сири тверді та кисломолочні, напівфабрикати рідкі для виробництва м'якого морозива) й за останній час суттєвих змін не зазнала.

Водночас посилення процесів глобалізації та інтеграція України до світової спільноти зробили економіку нашої держави більш вразливою до

зовнішніх загроз та висунули перед нею нові вимоги щодо забезпечення її конкурентоспроможності. Одним із дієвих напрямів підвищення ефективності функціонування харчової промисловості науковці вважають розвиток інтеграційних зв'язків та побудову на їх основі інтегральних об'єднань. Більш значні конкурентні переваги (зокрема ті, що мінімізують залежність від постачальників та коливань цін на сировину) матимуть ті підприємства-виробники харчових продуктів, що входитимуть до вертикально інтегрованих структур. Це дозволить їм одержати економію на витратах, раціонально управляти інформаційними та матеріальними ресурсами [6].

У багатьох країнах світу виробнича кооперація – один з важливих важелів реалізації моделі соціально-економічного розвитку на принципово нових засадах, вона сприяє розв'язанню економічних проблем на мікро- та макрорівнях через більш ефективне використання обмежених ресурсів, інноваційну спрямованість, підвищену мотивацію її учасників, синергетику [1]. Разом з тим сьогодні рівень міжгалузевої кооперації в харчовій індустрії не можна вважати задовільним. Інформаційний вакуум, коли виробники не розуміють потреби споживачів, а споживачі не можуть чи не готові сформулювати завдання перед виробниками, відсутність єдиних принципів виробництва та інші чинники створюють ситуацію «розбіжності інтересів користувачів». Це не дозволяє без додаткових зусиль зробити міжгалузеву кооперацію дійсно ефективною, коли властивості та якість сировини (напівфабрикатів) однієї галузі повністю задовольняють запити іншої.

На думку автора, одним із шляхів вирішення даної проблеми є створення буферної технологічної ланки – у нашому випадку напівфабрикатів, які фактично, не належачи до жодної з галузей, вирішують їх проблеми одночасно й задовольняють інтереси виробників та споживачів. Розробляючи напівфабрикати для конкретної галузі (технологічного процесу), необхідно керуватися наступним:

- метою, яку має бути досягнуто за використання напівфабрикатів (ресурсозбереження, оптимізацію трудовитрат, забезпечення санітрано-

гігієнічних вимог до готової продукції, формування необхідних споживних властивостей харчової продукції – харчову цінність, органолептичні властивості, економічна доступність та інші);

- синхронізацією циклу «виробництво напівфабрикатів – виробництво кулінарної та/чи кондитерської продукції»;

- здійсненню технологічного процесу виробництва кулінарної продукції та/ чи кондитерської продукції на основі напівфабрикатів на існуючому обладнанні;

- відповідністю умов зберігання готового продукту на основі напівфабрикатів умовам, які склалися в ланцюгу «виробник – споживач»;

- економічною доцільністю, яка визначається кількістю напівфабрикату, необхідного для одержання заданих характеристик продукту.

Важливим аспектом під час розробки напівфабрикатів є використання доступної недорогої з високою поживною цінністю вітчизняної сировини. В межах міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес» бачиться доцільним використання у складі напівфабрикатів молока знежиреного, сиру кисломолочного нежирного, сироватки молочної та ін., які повною мірою відповідають вищезначеним вимогам. З огляду на зазначене доцільно розглянути стан та перспективи розвитку молочного виробництва в Україні, результати дослідження якого викладено в наступному підрозділі.

1.2 Сучасний стан та перспективи розвитку молочного виробництва України в системі євроінтеграційних координат

Аналітичний огляд сучасного стану та перспектив розвитку молочного виробництва в Україні здійснено, базуючись на доступній для аналізу інформації [7–10]. При цьому деякі аналітичні дані наведено за різні часові інтервали, у різних розмірних характеристиках, що пов'язано з наявністю лише локальної інформації за даним питанням. Вважали за доцільне висвітлити питання щодо обсягів виробництва молока у світі та України (з огляду на

євроінтеграційні процеси), експортного потенціалу українських виробників, діючої законодавчої бази, основних трендів розвитку як передумови створення та упровадження інноваційних технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини.

Молочна промисловість, як найважливіша галузь національної економіки, забезпечує населення країни харчовою продукцією, що є одним з основних джерел білка. За багатовекторності її розвитку одним із напрямів є виробництво готових до споживання продуктів (молоко питне, вершки, сметана, сир кисломолочний, сири м'які та тверді та інші), які є вихідною сировиною для виробництва широкого асортименту кулінарної та кондитерської продукції в закладах ресторанного господарства [11].

Незважаючи на нестабільну економічну ситуацію в багатьох країнах світу та низьку купівельну спроможність населення, серед головних чинників, які визначають динаміку розвитку даного сегменту ринку, експерти зазначають формування нових категорій харчової продукції та довіри споживачів до продукції промислового виробництва, запровадження мережового формату її збуту, поглиблення міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – заклади ресторанного господарства» [12].

Динаміка розвитку світового та українського ринку молокопереробки протягом останнього десятиріччя свідчить про підвищення інвестиційної привабливості галузі. Тенденцію до стабільного нарощування виробництва молочної продукції слід вважати цілком закономірною у зв'язку із значним збільшенням чисельності населення на планеті та збільшенням споживання молокопродуктів в країнах Азії [8, 12]. Слід зазначити, що незважаючи на наявність чітко визначеного тренду підвищення виробництва молока та молочної продукції в світі, в розрізі окремих країн спостерігаються різні закономірності. Так, за даними [12] за перше півріччя 2017 року у світі вироблено 145,08 млн. т молока, що на 2,8 млн. т або на 2% більше порівняно з першим півріччям 2016 року. Приріст демонструють Сполучені Штати Америки (+1,5%), Нова Зеландія (+0,3%). У Європі внаслідок упровадження

регуляторних заходів обсяг виробництва молока скоротився на 2%: знизилося виробництво молока в Австралії (– 8,8%), Аргентині (– 20,1%). За прогнозами аналітиків USDA, до кінця 2017 року виробництво молока в ЄС досягне 151,6 млн. т, що на 1% більше, ніж у 2016 році.

Що стосується України, то фахівці стверджують, що сьогодні молочний бізнес України переживає кризу, яка вимагає практично повної зміни ментальності та бізнес-процесів. Існуюча інформація стосовно обсягів виробництва молока є достатньо суперечливою. Так, за статистичними даними Міністерства аграрної політики та продовольства України у 2017 році обсяг виробництва молока становив 10,68...11,00 млн. т, що на 2,9% більше порівняно з 2016 роком [10]. За даними Союзу молочних підприємств спостерігається гальмування темпів приросту виробництва молока. Але на думку фахівців проблема лежить не стільки в площині обсягів виробництва молока та молокопродуктів, скільки у малоефективному виробничому менеджменті.

Переробка вторинної молочної сировини (молоко знежирене, сироватка, пахта, сколотини) залишається перспективним напрямом для виробників молочної продукції. Аналіз структури її переробки показує, що проблему повного та раціонального їх використання не можна вважати вирішеною. Зокрема, незважаючи на високу харчову та біологічну цінність молочної сироватки, частка її подальшого використання на молочних підприємствах є незначною незалежно від форм власності та систем економічних відносин. Так, за даними [9, 13] у світі щорічно накопичуються більш за 130 мл. т молочної сироватки, при цьому у країнах з розвинутою молочною промисловістю (США, Німеччина, Франція, Нідерланди) перероблюється від 50% до 95% її ресурсного потенціалу з одержанням концентратів сироваткових білків, продуктів харчування для телят, коагулянту для осадження білків при виробництві казеїну та інш.

За різними оцінками в Україні виробляють близько 2 млн. т сироватки, з яких 45...50% надходить на переробку. Найбільш сучасними методами

переробки сироватки вважають комбіновані схеми з використанням мембранних технологій, ферментативної обробки компонентів, а також сушіння концентрованих проміжних продуктів. Завдяки цим технологіям одержують ізоляти та концентрати сироваткових білків, молочний цукор, лактозу та інші компоненти, які надалі використовують в інших галузях харчової та інших промисловостях.

Відповідно [14] молочні продукти є базовими у споживчому кошику українських споживачів (15,8% від загальної кількості харчових продуктів, що споживаються), але при цьому їх виробництво залишається низько маржинальним порівняно з іншими харчовими продуктами, особливо в умовах економічної кризи. Аналіз продажів FMCG в Україні показав, що серед молокопродуктів найбільше за обсягом продажів зросли молоко, йогурти, кефір, сир кисломолочний та сметана (рис. 1.3).

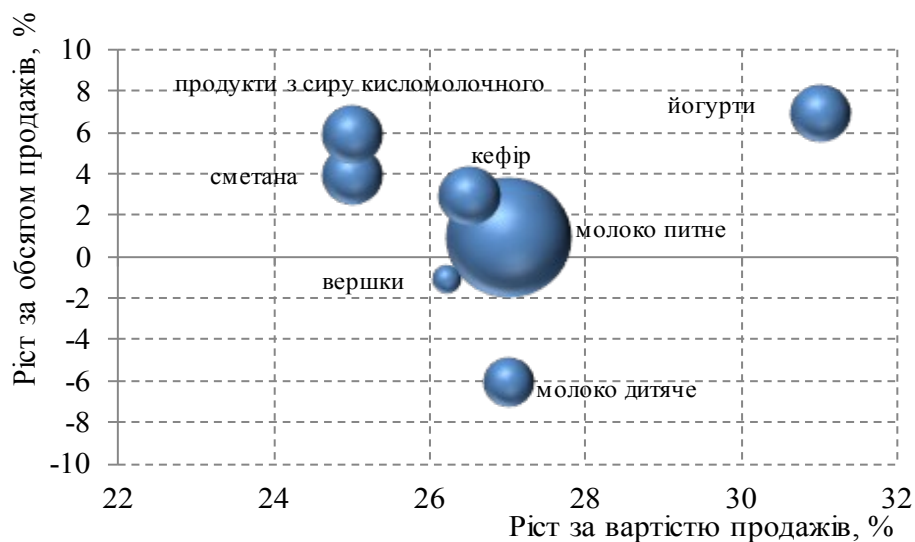


Рис. 1.3. Вартість та обсяги продаж молокопродуктів в Україні станом на 2015 р. (діаметр кругів співвідноситься з розміром частки вартості) за даними [14]

За інформацією компанії Nielsen, навіть в умовах економічної кризи споживачі віддають перевагу продукції, якість якої не викликає сумнівів, й не переключаються на більш дешеві продукти. За різними оцінками середньостатистичний українець у 2017 р. купив 209 кг молочних продуктів (у

перерахунку на молоко). Це на 0,4% та 7,3% менше, ніж у 2016 р. та 2015 р. відповідно.

Щоб не втратити споживача в умовах економічного спаду, виробники молочної продукції реалізують різні маркетингові стратегії – орієнтуються на зростаючі категорії (молоко, кефір, йогурти), розширюють асортимент, використовують нові види споживчого пакування, вибирають ефективні канали збуту – гіпер- та супермаркети, частка яких, за даними Nielsen, зросла на 4,3 пункти [15]. Разом з тим, за останні часи на продовольчому ринку України молочної продукції з радикальними інноваціями (не мають аналогів на споживчому ринку) не виявлено.

Незважаючи на внутрішні проблеми, українська молочна галузь має достатній експортний потенціал. Основними ринками збуту є Молдова (287 тис. дол. 50,8%), Грузія (163 тис. дол. 28,9%) та ОАЕ (60 тис. дол. 10,6%). Провідниками виробниками, які експортують молочну продукцію у інші країни світу, є ДП «Лакталіс-Україна» (395,4 т), ТОВ «Терра фуд» (55,7 т), ТОВ «Данон Дніпро» (37,2 т) [7, 8]. Повномасштабне впровадження стандартів якості та безпечності, необхідних для експорту на світові ринки, стало імпульсом до модернізації виробничих потужностей й підвищення конкурентоспроможності молочної продукції вітчизняних виробників.

Однією з вагомих складових, що впливає на розвиток молокопереробної галузі, є діюча та постійно удосконалююча законодавча та нормативна база. Так, Комітет Верховної Ради з питань аграрної політики в першому читанні прийняв законопроект «Про внесення змін до Закону України «Про молоко та молочні продукти (щодо молоковмісних продуктів)» [15]. Таким чином буде впорядковано маркування та реалізацію молоковмісних продуктів, що, з одного боку, забезпечить право споживача на достовірну інформацію, а, іншого, – відверне недобросовісну конкуренцію на молочному ринку.

Імплементация законодавства у сфері виробництва харчових продуктів, прийнятих ЄС, зокрема, вступ у дію закону України «Про основні принципи та

вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» сприяє запровадженню систем управління якістю (ISO 9001) та безпечністю (ISO 22000).

Суттєвий вплив на розвиток молочного виробництва чинять споживчі тренди, які відповідно досліджень [16–19] лежать в площині натуральності («чиста етикетка» – без використання харчових добавок), відсутності ГМО та алергенів (лактози, молочних білків), зниження вмісту «вільного» цукру. Снекіфікація (продукція для швидкого перекусу між основними прийомами їжі), фітнефікація (поживна некалорійна продукція переважно для жінок), спортифікація (поживна з високим вмістом протеїнів продукція переважно для чоловіків), спеціалізація (продукція для дітей, спортсменів, геродієтичного харчування), преміумізація (продукція сегменту преміум з унікальною пропозицією щодо натуральності, корисності та інш.) є дієвим важелем перманентного удосконалення існуючої та впровадження нової продукції.

Таким чином, наявна сировинна база, експортний потенціал, державне регулювання, розвиток продовольчого ринку є підґрунтям подальшого розвитку молочного виробництва, одним із напрямів якого є розширення та ускладнення міжгалузевих коопераційних зв'язків, різноманітність моделей та видів взаємодії.

1.3 Теоретичні та практичні основи виникнення та реалізації потенціалу лактокальцію

Молоко є поліфазною дисперсною системою, складові якої представлено як індивідуальними хімічними сполуками, так й структурними елементами у вигляді агломерованих часток чи істинного розчину речовин. Перетворення молока у харчову продукцію супроводжується чисельними механічними, тепловими, енергетичними впливами, які суттєво впливають на властивості готової продукції. У складній за станом, складом, структурою системі, якою є молоко, лактокальцій є одним із елементів, роль якого, з одного боку, не дооцінено, а, з іншого, – не висвітлено повною мірою. З урахуванням

зазначеного доцільно висвітлити теоретичні та практичні основи виникнення та реалізації потенціалів лактокальцію крізь призму основних положень стійкості харчових дисперсних систем, сучасних уявлень про перетворення основних складових молока як поліфазної системи у технологічному потоці виробництва харчової продукції, інновацій в технологіях напівфабрикатів на основі молочної сировини та кулінарної продукції на їх основі.

1.3.1 Теоретичні та практичні основи стійкості харчових дисперсних систем. Термодинамічні аспекти реалізації потенціалів харчових систем

Різноманіття харчової сировини, готової харчової продукції та технологічних процесів її виробництва визначають необхідність розгляду харчових систем як об'єктів технологій з урахуванням того, що між технологічними процесами існує багато спільного як за однотипності властивостей систем, так і за характером технологічних впливів. Більшість харчової продукції являє собою дисперсні системи, що складаються з двох або більше фаз, які в технологічному потоці здатні самочинно або під дією технологічних чинників взаємодіяти або не взаємодіяти одна з одною, що визначає умови та закономірності їх одержання. Для вивчення та опису термодинамічно нестабільного стану харчових дисперсних систем використовують основні теоретичні положення стійкості дисперсних систем, які знайшли розвиток в роботах Dickinson E. [20], Horne D. S [21], Dalgleish D. G. [22], Ребіндера П. О. [23], Дерягина Б. В. [24], професора Щукіна Е. А. [25] та представників їх шкіл, прикладні дослідження набули розвитку в роботах Урьєва Н. Б. [26, 27], Талейсніка М. А. [28], Гуляєва-Зайцева З. С. [29], Горбатової К. К. [30], Зубченко А. В. [31], Пивоварова П. П. [32], Гринченко О. О. [33], Горальчука А. Б. [34] та інш.

Дисперсні системи складаються із дисперсійного середовища та дисперсних фаз (одна чи більше), розміри частинок яких коливаються у широких межах. За кінетичними властивостями фази розрізняють некогерентні

(вільнодисперсні) та когерентні (зв'язанодисперсні) системи, які різняться між собою рухливістю частинок дисперсної фази по відношенню до дисперсійного середовища [35–37]. Відповідно [35, 37–40] дисперсні системи класифікують за ступенем дисперсності (молекулярно-дисперсні, колоїдно-дисперсні, високодисперсні, грубодисперсні), ступенем однорідності (монодисперсна, полідисперсна), агрегатним станом дисперсної фази та дисперсійного середовища (рідка, твердоподібна, газоподібна), інтенсивністю молекулярних взаємодій на межі поділу фаз (ліофільні та ліофобні).

Дисперсні частки високо- та колоїдно-дисперсних систем внаслідок малих розмірів частинок і наявної поверхневої енергії мають надлишок вільної енергії. Оскільки всі мимовільно протікаючі процеси супроводжуються втратою енергії, можливо очікувати, що в дисперсних системах буде відбуватися укрупнення частинок, тобто зменшення загальної поверхні, й як наслідок, зменшення вільної поверхневої енергії. Стабільність природних дисперсних систем засновано на існуванні енергетичного бар'єру між дисперсними частинками, виникнення якого можливо за різних причин: однойменного електричного заряду поверхні частинок, що викликає електростатичне відштовхування частинок, що зближуються; наявності амфіфільного поверхневого шару як проміжної фази між дисперсною фазою та дисперсійним середовищем; просторового обмеження.

Згідно [41] під стійкістю дисперсних систем розуміють сталість у часі їх стану та основних властивостей: рівномірного розподілу частинок дисперсної фази в об'ємі дисперсійного середовища та характеру взаємодії між частинками. Розрізняють такі види стійкості дисперсних систем:

- фазова – стійкість до розшарування, за якої виникає система з іншої чисельної концентрації частинок, що здатна співіснувати з вихідною;
- стійкість дисперсного складу – стійкість по відношенню до зміни дисперсності, незмінність розподілу частинок за розмірами (така

стійкість зазвичай неможлива для систем з однокомпонентною дисперсною фазою);

– агрегативна – стійкість, яка визначається здатністю дисперсних систем протидіяти злипанню частинок. Взаємодія та злипання твердих частинок призводить до утворення агрегатів, в результаті відбувається укрупнення частинок, структура дисперсної фази змінюється, агрегати набувають властивості осаджуватись чи спливати.

У роботах [36, 39–42] зазначено, що чинники агрегативної стійкості дисперсних систем поділяються на термодинамічні та кінетичні. До термодинамічних належать електростатичний – зумовлений електростатичними силами відштовхування, які зростають у разі збільшення потенціалу поверхні частинок та особливо електрокінетичного потенціалу; адсорбційно-сольватний – призводить до зменшення міжфазного натягу та знижує енергію Гіббса поверхні розподілу; ентропійний – діє у високодисперсних системах, частинки дисперсної фази яких беруть участь у броунівському русі, що сприяє рівномірному розподілу частинок в об'ємі системи. До кінетичних чинників стійкості, які знижують швидкість агрегації частинок дисперсної фази, належать структурно-механічний – виникає при утворенні на поверхні частинок захисних шарів (плівок), які мають пружність та механічну міцність; гідродинамічний – викликано зміною в'язкості середовища, щільності дисперсної фази та дисперсійного середовища.

На структурні елементи тонко- та колоїдно-дисперсних систем впливає броунівський рух молекул (тепловий рух) та сили гравітації. За умов, коли тепла енергія менша енергетичного бар'єра (енергія відштовхування), агрегації не відбувається. Коли ж частинки стикаються й починають діяти сили тяжіння Ван-дер-Ваальса, має місце агрегація з утворенням більших за розміром частинок. Відповідно до [43] розрізняють три типи агрегації: флокуляція (агрегація дисперсних частинок за збереження їх індивідуальних структур), утворення кластерів (агрегатів дисперсних частинок з більшою

силою зчеплення), агломерація (утворення агломератів (грудочок, гранул, пластівців), які здатні до коалесценції (агрегація дисперсних частинок, що супроводжується втратою індивідуальних структур та утворенням нових, більш крупних частинок). Флокуляція та коалесценція відбуваються не у всіх дисперсних системах, тому розрізняють флокуляційно-стабільні та коалесцентно-стабільні системи. У флокуляційно-стабільних дисперсіях між дисперсними частинками переважають сили відштовхування, тому відстань між частинками достатньо велика порівняно з їх розмірами.

Коалесцентно-стабільні дисперсні системи відрізняються від коалесцентно-нестабільних також тим, що для руйнування структури необхідно відносно невеликі витрати енергії [44, 45].

Розгляд типових операцій, які реалізуються в технологічних процесах виробництва харчової продукції, дозволяє констатувати, що інтенсивність протікання фізико-хімічних процесів, ступінь реалізації функціонально-технологічних властивостей рецептурних компонентів, технологічна стабільність істотно залежать від величини діючої (активної) поверхні складових харчової дисперсної системи. Особливо великий вплив цього чинника в умовах протікання дифузійних та масообмінних процесів, що супроводжують або завершують різноманітні хімічні та фазові перетворення, зокрема розчинення, коагуляцію, структуроутворення та інші.

Більшість харчових продуктів являють собою багатокомпонентні системи, що містять макро- та мікрочастинки, здатні в ході технологічного потоку спонтанно або під дією технологічних чинників взаємодіяти або не взаємодіяти одна з одною. Важливим під час розробки нової харчової продукції є прогнозування поведінки окремих складових харчових систем, що може бути здійснено з використанням термодинамічних методів опису технологічних процесів та оцінки потенціалу харчових продуктів [28, 33, 46, 47].

Системи, що складаються з великої кількості частинок або тіл, які взаємодіють або не взаємодіють між собою, називають макроскопічними або термодинамічними [33, 47, 48]. Для їх опису користуються так званими

параметрами стану та функціями стану, які мають сенс тільки для всієї системи в цілому, бо справедливі у разі виникнення умов рівноважного стану за всіма властивостями системи. Той факт, що одним із завдань під час створення напівфабрикатів є реалізація потенціалу окремих складових молочної сировини, зокрема, лактокальцію, дає підстави для використання основних законів термодинаміки під час обґрунтування та розробки нових технологій.

Для термодинамічного опису нерівноважних процесів, характерних для харчової продукції, вводять поняття термодинамічних потенціалів. Найпоширенішим є термодинамічний потенціал Гіббса (G), який ще називають енергією Гіббса або вільною ентальпією [33, 47, 49]:

$$G = H - T \cdot S = F + p \cdot V = U + p \cdot V - T \cdot S, \quad (1.1)$$

де H – ентальпія, Дж; S – ентропія, Дж/К; F – вільна енергія (ізохорно–ізотермічний потенціал, енергія Гельмгольца), Дж; U – внутрішня енергія, Дж; p – тиск, Па; V – об'єм, м³; T – абсолютна температура, К.

Для визначення інтенсивних властивостей системи визначають хімічний потенціал μ_y компонента y в суміші, що складається з k речовин як окремі похідні за числом молей від термодинамічних потенціалів:

$$\mu_y = -T \cdot \left(\frac{\partial S}{\partial v_y} \right)_{UV, v_k} = \left(\frac{\partial G}{\partial v_y} \right)_{Tp, v_k} = \left(\frac{\partial F}{\partial v_y} \right)_{TV, v_k}. \quad (1.2)$$

Цим потенціалом зазвичай користуються під час дослідження масообмінних процесів, хімічних реакцій, седиментаційно-дифузійної рівноваги, що мають місце в технології харчових продуктів. Хімічний потенціал змінюється не тільки на межі двох різних речовин, але й на межі розподілу однієї й тієї ж речовини, що знаходиться в різному агрегатному або фізичному стані [33, 47, 49]. Виходячи з поняття μ , повний диференціал ентропії системи (екстенсивної властивості) визначається відомим рівнянням Гіббса:

$$dS = \frac{dU}{T} + \frac{p}{T} \cdot dV - \sum_k v_k \cdot \frac{\mu_k}{T} \cdot dv_k, \quad (1.3)$$

де ν_k – стехіометричний коефіцієнт речовини в хімічній реакції.

Зміну ентропії може бути представлено у вигляді суми її притоку з зовнішнього середовища dS_e та другого доданка dS_i , що характеризує незворотні процеси, які відбуваються всередині системи в одиниці її об'єму:

$$dS = dS_e + dS_i \quad (1.4)$$

При цьому згідно з другим законом термодинаміки

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (1.5)$$

де dQ – кількість теплоти, наданої одиниці об'єму системи за температури T та зумовленої першим законом термодинаміки:

$$dQ = dU + p \cdot dV \quad (1.6)$$

Наслідком ізолювання системи за потоками енергії та маси є факт, що ентропія всередині системи не змінюється (для оборотних процесів) або зростає (для незворотних процесів):

$$dS = dS_i \geq 0. \quad (1.7)$$

Слід зазначити, що взаємний вплив необоротних процесів можливий лише тоді, коли ці процеси відбуваються в одних і тих же ділянках макросистеми, при цьому нерівність (1.7) обов'язково виконується. Тому для оцінки процесів будь-яку ізольовану систему можна розбити на взаємодіючі між собою внутрішні підсистеми, для яких викладене виконується.

Згідно з постулатом І. Пригожина [50–54], не тільки сумарний приріст ентропії, який обумовлено внутрішніми незворотними процесами є позитивним, але й у кожній частині всередині координатного простору незворотні процеси йдуть у такому напрямі, де відбувається позитивне прирощення ентропії, або в умовах відсутності теплоперенесення між частинками системи $T_I = T_{II} = T$, $T\beta_i > 0$ – можна визначати напрям реакцій, потоків енергії, маси та ін.

У загальному випадку будь-яка термодинамічна сила може викликати будь-який потік, у тому числі градієнт температур може викликати потік речовини. Між потоками та рушійними силами в лінійній області нерівноважної термодинаміки застосовують таке співвідношення:

$$(1.8) \quad J_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} \cdot X_k; \quad I_i = \sum_{k=1}^m L_{ik} \cdot Y_k$$

де L_{ik} – феноменологічні коефіцієнти.

Феноменологічні коефіцієнти задовольняють співвідношенням взаємності Онзагера, які для загального випадку можна записати у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} L_{ik}^{(\alpha\alpha)} &= L_{ki}^{(\alpha\alpha)} & (i, k = 1, 2, \dots, n), \\ L_{ik}^{(\alpha\gamma)} &= -L_{ki}^{(\gamma\alpha)} & (i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m), \\ L_{ik}^{(\gamma\gamma)} &= L_{ki}^{(\gamma\gamma)} & (i, k = 1, 2, \dots, m) \end{aligned} \right\}. \quad (1.9)$$

Рівняння (1.8), яке називають термодинамічним рівнянням руху, та (1.9) дозволяють описати процеси переносу в системі, що знаходиться поблизу рівноваги, та дають можливість визначити всі термодинамічні сили, які приводять до виникнення ентропії. В роботах [47, 55, 56] визначено ці співвідношення, використовуючи постулат про мікроскопічної оборотності процесів та лінійний зв'язок між швидкістю загасання флуктуацій $\frac{d\alpha_i}{d\tau}$ екстенсивного параметра A_i та величиною флуктуації α_i . Хоча в такій інтерпретації теорія справедлива лише для систем, близьких до рівноваги, вона дозволяє проаналізувати поведінку потоків та рушійних сил у системі при стаціонарних станах. Так, в роботах [47, 49, 53] доведено, що якщо на систему діє i – термодинамічних сил, але тільки j з них підтримуються постійними за рахунок взаємодії з навколишнім середовищем, то в стані з мінімальним виробленням ентропії, потоки з $i = j + 1 \dots n$ зникають. Такий стан називають стаціонарним j -го порядку. Якщо ж через зовнішні флуктуації якась сила X_p , що не належить j , отримала приріст δX_p , то виникає потік J_p , що прагне компенсувати зовнішню флуктуацію, та зменшити приріст градієнта відповідного параметра (принцип Ле Шательє-Брауна). Для термодинамічних систем стійкість стаціонарних станів з мінімумом виробництва ентропії описується рівнянням

$$\frac{d\beta}{d\tau} \leq 0. \quad (1.10)$$

Нерівність (1.10) називають критерієм фізичної еволюції макроскопічної системи. Вона свідчить про те, що яким би не був зовнішній вплив, що виводить систему зі стану з мінімумом вироблення ентропії, відгук системи завжди спрямований так, що з плином часу система буде еволюціонувати в новий стаціонарний стан, в якому зміна потоку ентропії буде менше початкової.

Слід зазначити, що термодинаміка як наука вивчає можливість, напрями та межі мимовільного протікання різних процесів та дозволяє встановити стан рівноваги в заданих умовах. Згідно з класичними визначеннями рівноважним називається такий термодинамічний стан системи, який не змінюється в часі, причому сталість стану не обумовлено протіканням будь-яких зовнішніх процесів. Існують різні види рівноважних станів, найважливіший з них – стійка рівновага. Рівноважний стан зберігається в часі не внаслідок відсутності або припинення процесів, а внаслідок протікання їх одночасно в двох напрямках з однаковою швидкістю, що є причиною збереження системи без змін у часі.

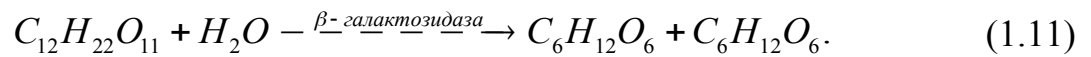
Поряд з поняттям «стан рівноваги» в термодинаміці використовують поняття «різний ступінь стійкості стану рівноваги». Стан, який характеризується невеликою, відносною стійкістю, називають метастабільним.

Дослідження термодинамічних та кінетичних параметрів, які висвітлено в роботі [40], дозволяють зрозуміти, що являє собою стабільний та метастабільний стан. Так, відносно стабільний стан молока як технологічної системи можна пояснити, виходячи з наступних міркувань:

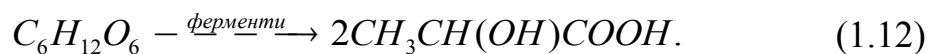
- хімічні реакції, що протікають у молоці, урівноважують одна одну та знаходяться у термодинамічній рівновазі: $\Delta G=0$. Константи рівноваги в діапазоні температур 10...40 °С практично не залежать від температури;
- перебіг таких термодинамічно вигідних реакцій, як гліколіз, протеоліз та ліполіз в даному діапазоні температур ускладнено;
- енергії активації за температури 40 °С недостатньо для того, щоб запуснути ці термодинамічно вигідні процеси.

Будь-яке надходження енергії з зовнішнього середовища буде сприяти відхиленню від термодинамічної рівноваги, що в результаті взаємозв'язку з іншими видами рівноваги ініціюватиме протікання реакцій, що впливають на стан та якість молока. Пусковими механізмами процесів з низькою енергією активації, що призводять до корегування стану молока, є зміна рН, дія ферментів та мікроорганізмів, з високою енергією активації – підвищення температури.

Мікроорганізми використовують хімічну енергію харчових речовин молока для своєї життєдіяльності, продукують β -галактозидазу (лактазу) та подібні до неї ферменти, проти яких лактоза, як субстрат, не має захисту. За присутності β -галактозидазу енергія активації гідролізу лактози значно знижується, й чинник, що перешкоджає гідролізу, зникає. За цих умов відбувається мимовільний гідроліз лактози з утворенням глюкози і галактози, який у загальному виді описується рівнянням:



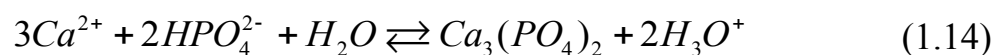
Продукти гідролізу піддаються подальшому ферментативному розщепленню до молочної кислоти:



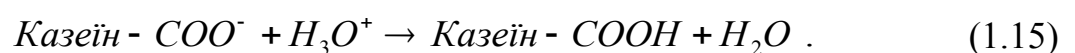
Внаслідок дисоціації молочної кислоти встановлюється нова рівновага, що призводить до зниження рН у молоці:



Результатом цього є зсув всіх інших видів рівноваги, що залежать від рН. Так, рівновага між колоїдним фосфатом кальцію та іонним зсувається в бік утворення іонного кальцію.



Одночасно відбувається зниження поверхневого заряду міцел казеїну.



Внаслідок вищезначеного відбувається відщеплення колоїдного фосфату кальцію від міцел з утворенням субміцел. Часткове зниження заряду поверхні міцел та зміна структури субміцел призводять до їх агломерації з утворенням поперечних зв'язків, а це – до утворення гелю або пластівців та зміні колоїдного стану [57–59].

Результати, які одержують під час термодинамічних та кінетичних розрахунків, можливо лише умовно переносити на реальні технологічні системи. Вищезначене твердження є справедливим й для молока, для якого за впливу технологічних чинників спостерігається підвищення енергії багатьох компонентів за одночасно перебігу безлічі різноманітних реакцій.

Слід зазначити, що основні теоретичні положення стійкості дисперсних систем дозволили створити фізико-хімічні основи технології кондитерських виробів, молочних продуктів, крохмалю та цукристих речовин й цілеспрямовано регулювати властивості кінцевої продукції, забезпечуючи її технологічну стабільність у часі. На жаль, у науковій літературі та інших інформаційних джерелах досліджень, в яких молочна сировина та її перетворення в технологічному потоці виробництва готової продукції розглядались як носій потенціалів (хімічних, термодинамічних, технологічних та ін.), не виявлено. На погляд автора, використання основних теоретичних положень стійкості дисперсних систем поряд з термодинамічними аспектами реалізації їх потенціалів є основоположними, на яких базується обґрунтування та розробка напівфабрикатів на основі молочної сировини.

1.3.2 Сучасні уявлення про склад, структуру та властивості основних складових молока як поліфазної системи, їх зміни в технологічному потоці

Молоко є джерелом речовин, що забезпечують організм енергією, виконують пластичні та захисні функції, у достатній кількості та легкозасвоюваній формі згідно з фізіологічною потребою [40, 60–63].

Цінність молока з технологічної точки зору визначають ті складові частини, які впливають на якість та вихід продукції. Так, молоко складається із суміші багатьох компонентів неорганічної та органічної природи, при цьому органічні сполуки за кількістю переважають [64–67]. За колоїдним станом молоко являє собою природню емульсію, яка складається із диспергованих жирових кульок та молочної плазми як дисперсійного середовища [40, 60, 63, 68]. У свою чергу молочно плазма є колоїдним розчином молочного білка та колоїдного фосфату кальцію у водному розчині істинно розчинних складових частин молока [40, 60, 69, 70]. Наявність дисперсних фаз та їх взаємна дія обумовлюють фізико-хімічні властивості молока. Так, від наявності та складу всіх фаз залежить його густина, кислотність та окислювально-відновлювальний потенціал; колоїдні фази визначає в'язкість та поверхневий натяг; молекулярна та іонно-дисперсна фази – осмотичний тиск, зниження температури замерзання, електропровідність.

У літературних джерелах [40, 60, 71] науковці вказують, що у молоці як складній поліфазній системі між трьома фазами (емульсійна, колоїдно-дисперсна та молекулярно-дисперсна) встановлюється взаємовпливаючі один на одного рівноваги, які в свою чергу впливають на рівноваги, що діють всередині фаз (рис. 1.4). Слід відзначити, що стабільність молока як системи не завжди можна забезпечити за рахунок стабільності одного з її структурних елементів, оскільки їх вплив на систему в цілому не завжди є зрозумілим та прогнозованим. Дестабілізація однієї фази може відбитися на стані іншої фази, жодну дисперсну фазу неможливо роздивлятися окремо від інших.

Рівноважні взаємодії між фазами та всередині них обумовлюють складну структуру молока і його відношення до хімічних, фізичних та біологічних дій під час технологічної обробки. За твердженням авторів [40, 60, 72, 73] найбільш чутливими до технологічних та біохімічних дій є рівноважні взаємодії між колоїдною системою та істинним розчином. Кожне зрушення зв'язаних між собою рівноважних співвідношень (вирази 1.16...1.17) викликає ймовірність

дестабілізації колоїдних фаз та руйнування поліфазної системи – розділення молока на окремі складові.

(дисперсність казеїнових міцел) f (іонна сила молочної сироватки) (1.16)

(колоїдний фосфат кальцію) f (значення рН) (1.17)

(колоїдний фосфат кальцію) f (іонний кальцій та фосфат) (1.18)

$([Ca_3(PO_4)_2]_x / [CaHPO_4]_x) f(Ca^{2+} + HPO_4^{2-})$ (1.19)

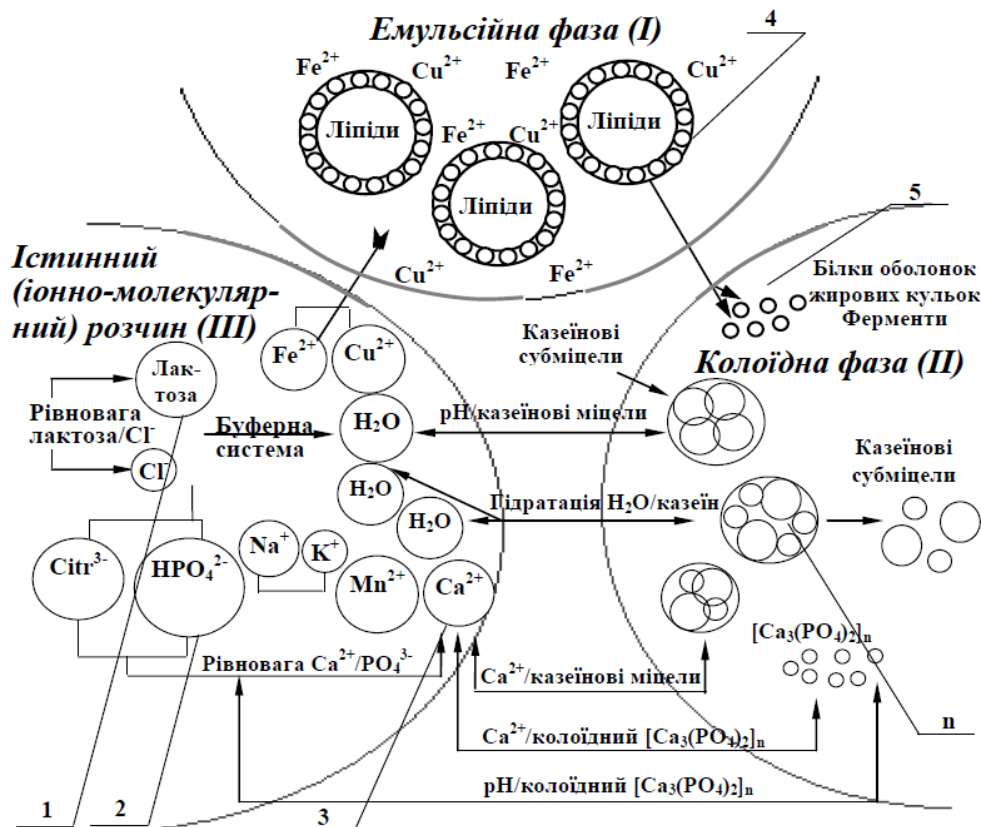


Рис. 1.4. Модель поліфазної системи молока з визначенням рівноважних підсистем та взаємозв'язку між ними [57]: I, II, III – підсистеми; 1, 2, 3...n – структурні елементи підсистем [40]

Колоїдно-дисперсні частинки молока характеризується різними розмірами та структурою, можуть бути як органічними, так й неорганічними. Неорганічні колоїдні частинки складаються найчастіше із асоційованих іонів і виникають в перенасичених розчинах; неорганічні колоїди представлено переважно гідрофосфатом кальцію, фосфатом кальцію, цитратом кальцію, які знаходяться у рівноважному стані з іонами. У вигляді істинного чи іонного та молекулярно-дисперсного розчину в молоці містяться солі кальцію, натрію,

калію, магнію, молочний цукор, а також водорозчинні вітаміни, небілкові азотисті речовини, органічні кислоти, альдегіди [72]. У колоїдно-дисперсному стані в молоці знаходяться сироваткові білки, казеїн та більша частина фосфатів кальцію. Сироваткові білки молока представлено окремими макромолекулами, а також дімерами та полімерами [40, 60, 63].

На підставі аналізу результатів багаторічних досліджень запропоновано загальноприйняту в даний час номенклатуру білків молока [69, 70, 72, 74, 75]. Основною фракцією молока є фракція казеїну, вміст якої коливається за різними джерелами [40, 60, 66, 63], в межах 78...85 %. Масова частка сироваткових білків складає 15...20 %. Казеїн та сироваткові білки не є гомогенними, складаються з різних фракцій, які можна розділити за електрофоретичною рухливістю та розчинністю в різних речовинах й за різної температури.

Казеїни (множина віддзеркалює різномірність речовин) є фосфопротеїдами, які містять у своєму складі фосфор, зв'язаний з амінокислотою серином. Вперше казеїни відкрито Браконнотом (1830 р.), виділено як основну фракцію молочних білків Хеммерстеном (1883 р.), їх неоднорідність та розділення на три основні фракції (α -, β - та κ -казеїни) доведено Меландеру (1939 р.) [40, 76–78]. Науковий інтерес представляють розмір та склад (табл. 1.1) казеїнових міцел, що за думкою вчених [40, 60, 66, 79–82] впливає на технологічні властивості молока.

Таблиця 1.1

Фракційний та мінеральний склад казеїнових міцел [82]

Компонент міцели	Вміст, г/100г
α_{s1} –казеїни	33,0
α_{s2} -казеїни	11,0
β -казеїни	33,0
κ -казеїни	11,0
γ -казеїни	4,0
Кальцій	2,9
Магній	0,1
Цитрат	0,5
Неорганічний фосфат	4,3

З даних, наведених у табл. 1.1, видно, що до складу міцел казеїну входять кальцій та фосфат, які згідно з [82] визначають розмір міцел та їх стабільність. Іншими вченими [40, 76–79] встановлено присутність у міцелах казеїну 65,0% кальцію, 45,0% неорганічного фосфору, 35,0% магнію та 10,0% цитратів від загального вмісту у молоці.

Казеїни у нативному вигляді на 95% знаходяться у вигляді казеїнових міцел чи асоціацій субодиноць (казеїнових субміцел), які являють собою комплекси мономірних молекул казеїну. Властивості казеїнових міцел визначаються властивостями мономірних первинних α_{s1} -, α_{s2} -, β - та κ -казеїнів, яким притаманні такі властивості: їх основу складає нерозгалужений пептидний ланцюг з відносно невеликою молярною масою (19 000...24 000 г/моль), всі казеїни містять фосфатні залишки, етерифіковані з гідроксильною групою серину, внаслідок наявності фосфосерильних груп казеїни характеризуються високою здатністю зв'язувати кальцій та магній, за знижених значень рН молока їх поверхня має від'ємний заряд, казеїни здатні до асоціації [83, 84].

За даними [40, 83, 84–87] діаметр казеїнових міцел коливається від 20 нм до 300 нм. Залежно від розмірів казеїнових міцел до їх складу входять приблизно від 100 до 300 000 молекул казеїну. Співвідношення маси фракцій казеїну $\alpha_{s1}:\alpha_{s2}:\beta:\kappa$ в міцелах в середньому складає 3,0:0,8:3,0:1,0 та залишається відносно сталим, тоді як вміст солей піддається сильним коливанням. Казеїнові міцели мають рихлу структуру та, знаходячись у гідратованому стані, майже наполовину складаються з води, що виражається в їх об'ємності: кожний грам білка займає 4,4 см³ та утримує 3,7 г води.

Фракції казеїну здатні до взаємодії, їм притаманна схильність до асоціювання (агрегування) білків. У водних розчинах за наявності кальцію мономери фракцій утворюють асоціати різних форм та розмірів. При цьому вони взаємодіють не лише між собою, але й один з одним. Асоціація казеїнів залежить від температури, рН та іонної сили молока [88, 89].

Одним із дискусійних питань серед науковців є тип моделей казеїнових міцел, жодний з яких не може вважатися повністю доведеним. Протягом останніх 50 років запропоновано різні моделі структури міцел казеїну [90–95], основними з яких є:

- модель покритого ядра (може бути представлено як окремий випадок моделей внутрішньої структури або субміцел), яка передбачає нерівномірний розподіл фракцій казеїну на поверхні та у середині міцели [96–99];

- модель внутрішньої структури, де казеїнові фракції рівномірно розміщені в міцелі, що можуть утворювати структури, які регулярно повторюються [64...68] (описує специфічні взаємодії між казеїнами, розглядає міцелу як пористу сітку білків) [96–99];

- субміцелярна модель (включає моделі, в яких субодиниці ідентичні або мають різний склад) [100–102].

Недоліком цих структур є відсутність пояснення відомих властивостей казеїнових міцел. Зокрема, стабілізуюча дія к-казеїну; пряма залежність розмірів міцел від вмісту колоїдного фосфату кальцію й зворотна залежність розмірів міцел від вмісту к-казеїну; високий ступінь гідратації молекул казеїну; зворотна зміна властивостей міцел при видаленні колоїдного фосфату кальцію; розпад міцел під дією дезінтегруючих агентів (сечовини, додецилсульфату натрію, етанолу, ацетону); вихід окремих фракцій казеїну з міцели при низьких температурах; зміна в'язкості під дією протеолітичних ферментів [57].

В основі більшості запропонованих моделей лежить субміцелярний принцип побудови міцели [81, 85, 100–102], яку схематично представлено на рис. 1.5. Першою моделлю субміцелярної будови міцел є модель, яку розроблено Morr [103]; модель Schmidt [104] та інші моделі цього типу можна розглядати як її модифікації. Науковці припускають, що казеїнові міцели складаються з щільно упакованих субміцел, побудованих за типом ядро-оболонка. Передбачається, що субміцели мають гідрофобне ядро та гідрофільну поверхню, основними видами взаємодій є взаємодії між протеїнами або за

допомогою кальцій-фосфатних містків (нанокластери колоїдного фосфату кальцію).

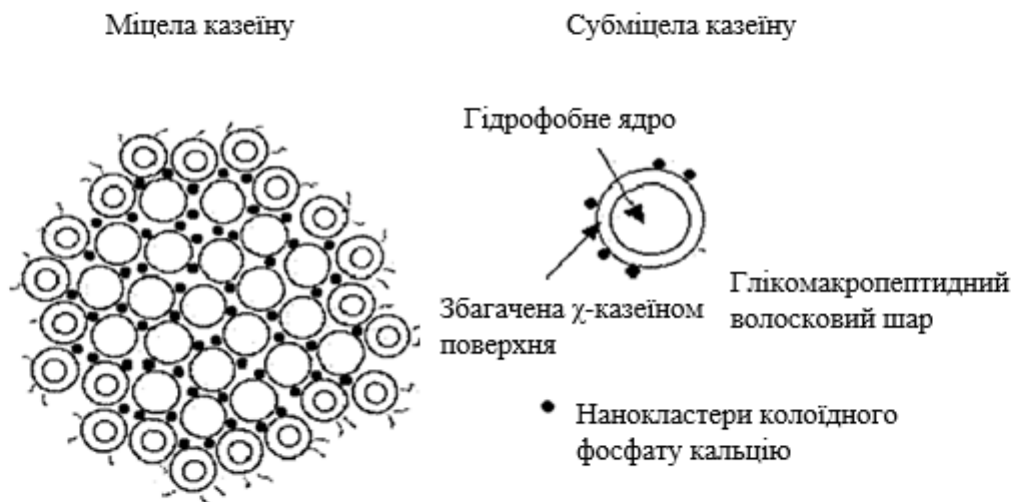


Рис. 1.5. Узагальнена субміцелярна модель міцели казеїну [81, 85]

Зовнішня поверхня міцел є дифузійною, оскільки протеїнові ланцюги (які представляють собою гідрофільні ділянки поліпептидних ланцюгів κ-казеїну, що містять глікомакропептиди і, можливо, гідрофільні N-кінцеві ділянки β-казеїну) поширюються на 5...10 нм в навколишнє середовище, утворюючи так званий «волосковий шар», що перешкоджає тісному зближенню міцел (субміцелярна модель, запропонована Walstra [105] в 1990 році).

Разом з тим встановлено, що при формуванні субміцели гідрофобні ділянки фракцій казеїну зосереджуються в її центрі, а на поверхні знаходяться гідрофільні ділянки κ-казеїну та фосфатні групи α_{s1} , α_{s2} - і β-казеїну, за рахунок яких формується негативний поверхневий заряд.

З огляду на існуючі технології переробки молока, з одного боку, та зміну його складу та властивостей як поліфазної дисперсної системи, з іншого боку, доцільно висвітлити зміни колоїдної фази молока, стабільність якої поряд з іншими чинниками залежить від іонної сили істинного розчину у взаємозв'язку зі складом сольової системи. Розуміння механізмів перетворень та чинників, які

впливають на них, є дієвим інструментом управління технологічними процесами.

Залежно від зовнішнього впливу золь білків молока може коагулювати з утворенням гелю чи з появою пластівців, які випадають в осад. За відсутності будь-якого механічного впливу золь переходить у гель [40, 106, 107]. За своїми механічними властивостями гелі займають проміжне положення між рідинами та твердими речовинами. За структурою їх поділяють на гелі з полімерною сіткою (сітчастою структурою) й гелі, які утворюються внаслідок агрегації колоїдних частинок. Молочні гелі відносяться до агрегаційних гелей або коагелів [106, 107].

В молоці гелі утворюються тільки з казеїнових міцел, а також у висококонцентрованих білкових розчинах із сироваткових білків та неміцелярного казеїну. Гелеутворення передбачає зникнення електростатичного потенціалу, який обумовлює відштовхування казеїнових міцел. Залежно від способу його подолання або усунення розрізняють декілька можливих способів утворення гелю, з яких технологічне значення мають кислотне та сичужне гелеутворення. В результаті зміни нативного стану казеїнових частинок і їх взаємної орієнтації утворюється тривимірний каркас гелю, який за формою нагадує стільники, порожнини яких заповнено молочною сироваткою. Гелі вміщують вологу у пустотах, капілярах, а також у складі гідратованих частинок [108–110].

Стан гелю, який одержано з молока, має вирішальне значення для виготовлення високоякісних молочних продуктів; зокрема, виробництво сирів сичужних та сиру кисломолочного ґрунтується на утворенні молочних гелів й залежить від їх властивостей. Кислотні гелі виникають за поступового зниження значення рН в результаті утворення молочної кислоти як продукту біохімічних реакцій. Зі зниженням значення рН рівновага дисоціації карбоксильних груп, що знаходяться на поверхні казеїнових міцел, зсувається в бік утворення недисоційованих форм, що викликає зменшення поверхневого заряду, й, тим самим, зменшення розміру гідратної оболонки. При збільшенні

концентрації H^+ колоїдний фосфат кальцію в міцелах розщеплюється до іонного кальцію, що дифундує із міцел. Перехід колоїдного фосфату кальцію в іонний стан відбувається зі зменшенням електростатичної гідрофобної взаємодії, що призводить до часткового розпаду казеїнових міцел на субміцели. Зміна структур казеїнових міцел призводить до повторного формування міцел з новою орієнтацією казеїнових субміцел. Вони асоціюються під впливом Ван-дер-Ваальсових сил, гідрофобної взаємодії та водневих зв'язків, утворюють субміцели, які заповнюють весь об'єм молока [40, 111–117].

Коагуляція, на відміну від гелеутворення, означає повне руйнування колоїдної системи. Це проявляється в істотному укрупненні колоїдних часток, які спочатку знаходяться в зваженому стані, а потім під дією сили тяжіння утворюють осад у вигляді пластівців. Коагуляція відбувається за наявності наступних умов: зниження електричного заряду частинок і пов'язаних з цим зменшенням електрокінетичного потенціалу, суттєвого зменшення гідратної оболонки [118–119].

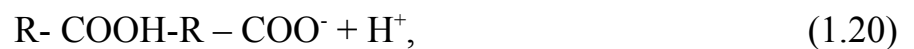
У молочній промисловості використовують такі механізми коагуляції, як сичужна, кислотна, кислотно-сичужна, термокислотна та термокальцієва, суть яких розглянуто в [30, 61, 63, 85, 108, 119, 121–132].

Найбільш поширеним видом кислотної коагуляції казеїну є зміна колоїдного стану молока під дією молочної кислоти, що утворюється в результаті молочнокислого бродіння. Цей процес широко використовується в технології виробництва кисломолочних продуктів і технічного казеїну. При повільному наростанні кислотності в казеїнових міцелах відбуваються зміни, основними з яких є вихід з міцел міцелярного фосфату кальцію та розчинення його в сироватці й зниження поверхневого заряду міцели до нуля [85, 86].

Дослідженням [123, 124] із застосуванням кінетико-реологічного методу встановлено, що процес структуроутворення за кислотної коагуляції білків молока складається з чотирьох стадій: індукційний період, стадія флокуляції (масової або явної коагуляції), стадія метастабільної рівноваги (ущільнення згустку), стадія синерезису. У роботах [134–138] зазначено, що індукційна

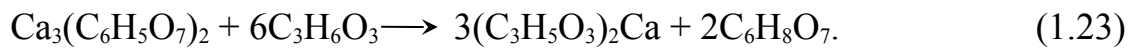
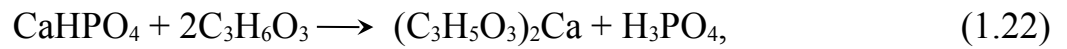
стадія кислотної коагуляції здійснюється в два етапи: на першому етапі - від казеїнаткальційфосфатного комплексу (ККФК) відщеплюється кальцій, а на другому - зменшується буферна ємність молока й рН доводиться до ізоелектричної точки, в якій відбувається коагуляція казеїну.

Сутність кислотної коагуляції казеїну полягає у втраті заряду його частинками при наближенні рН до ізоелектричної точки казеїну і зниженні потенціалу відштовхування між частинками [63, 139, 140]. Механізм дії іонів водню за кислотної коагуляції полягає в тому, що вони зрушують рівновагу між дисоційованими карбоксильними групами й кислотними групами фосфорної кислоти казеїну та іонами водню в бік недисоційованих карбоксильних і фосфатних груп:



Тобто іони водню внаслідок особливого механізму пересування легко проникають в гідратну оболонку і нерухомий шар протиіонів, що призводить до зменшення заряду карбоксильних і фосфатних залишків. За цих умов відбувається дестабілізація колоїдного стану золю міцел казеїну за рахунок зміни співвідношення сил міжмолекулярного тяжіння й електростатичного відштовхування. Під дією сил тяжіння, які переважають у даному випадку, частки, що зіштовхуються між собою, з'єднуються одна з одною, утворюючи більш великі агломерати. За певної концентрації іонів водню в середовищі число негативних зарядів на колоїдних частинках стає рівним числу позитивних, тобто настає ізоелектричний стан, відбуваються конформаційні зміни макромолекул білка і вони втрачають свою розчинність.

З підвищенням концентрації іонів водню порушується структура ККФК за рахунок відщеплення від нього фосфату кальцію й органічного кальцію - структурних елементів комплексу - та їх переходу в розчинну форму [30, 134]. Крім того, під дією молочної кислоти відбувається перехід фосфатів і цитратів кальцію, що знаходяться в плазмі, у більш розчинні лактати кальцію:



Наслідком цих процесів є дестабілізація міцел казеїну, зміни їх дисперсності та пригнічення буферної ємності молока. Процес гелеутворення під час кислотній коагуляції молока, а також структурно-механічні та синеретичні властивості одержуваних згустків, залежать від складу та властивостей молока, бактеріальних заквасок, температури перебігу процесу, режимів обробки згустку, тривалості процесів й ряду інших чинників. На швидкість кислотної коагуляції та щільність згустку впливає вміст сухих речовин та казеїну в молоці. Чим їх більше, тим активніше відбувається коагуляція молока: зі зменшенням вмісту казеїну в молоці зменшується в'язкість і міцність згустку, внаслідок чого є погіршення виділення з нього сироватки [131–136, 141].

У формуванні структури кислотних згустків певну роль можуть відігравати сироваткові білки, денатуровані в результаті високотемпературної теплової обробки чи внесені до молока у вигляді різноманітних білкових концентратів. Перші можуть приймати безпосередню участь у формуванні білкового каркасу та знижати пористість й швидкість самочинного синерезису згустку за деякого підвищення ступеня синерезису під дією зовнішніх напруг. Другі можуть механічно захоплюватися згустком та забивати пори для виходу сироватки. Чим вищим буде вміст казеїна, тим більша кількість внесених сироваткових білків буде захоплено згустком [142–144].

Зрозуміло, що з урахуванням широкого асортименту харчової продукції, яка виробляється з молока, характер фізичних, фізико-хімічних та колоїдних перетворень є значно ширшим, ніж це висвітлено в даному підрозділі. Одним із питань, яке потребує дослідження, є визначення ролі лактокальцію та його потенціалу з огляду на корегування технологічних властивостей харчових систем.

1.4 Роль лактокальцію у формуванні технологічних властивостей молочної сировини, шляхи регулювання його вмісту та стану

Розуміння процесів, які мають місце під час переробки молока, неможливо без визначення ролі кальцію як його складової. Кальцій в казеїнових міцелах міститься в двох формах: органічний, який приєднаний до фосфатних та карбоксильних груп казеїну, та неорганічний, який входить до складу колоїдного фосфату та цитрату кальцію. За даними [145–146] вміст кальцію в 1 літрі молока коливається в межах 1,20...1,25 г. До 22 % кальцію молока пов'язано з казеїном, решту становлять солі-фосфати, цитрати, сульфати, бікарбонати, хлориди та інші.

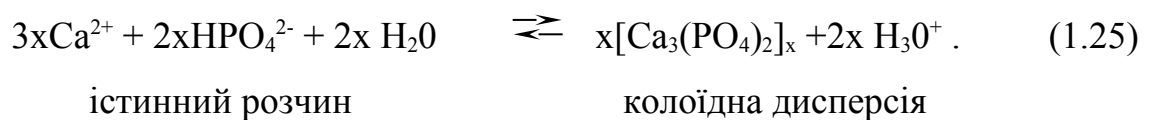
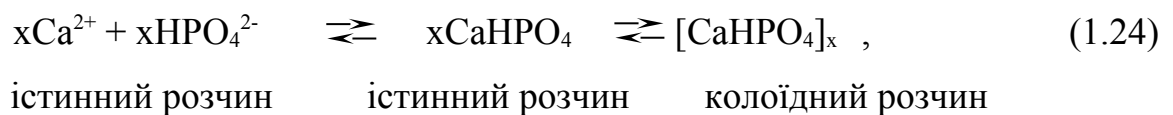
Під час теплової обробки (пастеризації) баланс між розчинними і нерозчинними формами зсувається в бік нерозчинних солей фосфату кальцію, що веде до нестачі іонного кальцію і розчинних форм фосфату кальцію [147]. Іонний кальцій може виконувати роль дестабілізатора білків без нагрівання, коли незалежно від зовнішніх причин випадає в осад казеїн. Необхідна концентрація хлориду кальцію становить близько 4,65 ммоль/л для молока, для казеїнатнатрієвих розчинів - від 7 ммоль/л до 16 ммоль/л. Найбільш схильні до дії CaCl_2 α_s - та β -казеїни, а це близько 75 % казеїну молока, κ -казеїн (близько 15 %) навпаки, проявляє стабільність. Додаткове внесення кальцію може сприяти осадженню неабсорбованого казеїну з водної фази [148, 149]. В роботах [145–149] зазначено, що збільшення концентрації іонів кальцію у молоці призводить до підвищення ступеня агрегації білків та швидкості коагуляційних процесів.

Узагальнюючи дані [150–158], слід зазначити, що механізм впливу іонів кальцію на міцели казеїну до кінця не виявлено. Вчені схильні припускати комбінований вплив декількох специфічних механізмів: зарядова дестабілізація (зв'язані іони кальцію зменшують сумарний негативний заряд на адсорбованих білкових міцелах), дестабілізація (зв'язані іони кальцію згладжують поверхню шару адсорбованої води), флокуляція (іони кальцію зв'язують фосфосеринові залишки білкових молекул різних міцел), електростатичне відштовхування (не

зв'язані іони кальцію в подвійному електричному шарі маскують взаємодії типу заряд-заряд).

Колоїдно-дисперсна фаза є найбільш чутливою з усіх фаз молока до зрушення рівноваги у сольовій системі. З огляду на дослідження вчених [159–179] встановлено, що сольова система загалом та кальцій, зокрема, має велике значення для стабільності колоїдної фази в технологічних процесах переробки молока. Так, якісні та кількісні зміни кальцію призводять до зміни колоїдної фази молока, де кальцій входить до складу казеїнових міцел, та казеїнаткальційфосфатного комплексу (ККФК), й відіграє мостикутворюючу функцію між міцелами казеїну. З огляду на вищевказане доцільно цілеспрямоване регулювання складу сольової системи, що є підґрунтям для удосконалення існуючих технологічних процесів та створення харчової продукції з новими споживними властивостями.

Аналіз літературних даних [161–179] вказує на важливу роль кальцію у забезпеченні термодинамічної рівноваги молока як сировини за умов його знаходження як у складі казеїнових міцел, так і у вигляді неорганічних колоїдів та іонів, де останні знаходяться у певній рівновазі (1.24, 1.25). При нагріванні рівновага зміщується у бік утворення колоїдних компонентів, при зниженні рН – у бік збільшення кількості іонного кальцію [40].



В літературних джерелах [40, 60, 175] обговорюється, що стабільність колоїдної фази молока залежить від іонної сили, що визначається складом сольової системи. Дослідження вказують на те, що іони калію, натрію, хлориду, а також сульфат (як аніон сильної кислоти) присутні у молоці як гідратовані іони. Рухливість частини калію та натрію стримується тим, що вони електростатично притягуються негативно зарядженою поверхнею казеїнів як противоіони. У

літературних джерелах [40] наведено множину форм розчинності та їх взаємозв'язку. Так, кальцій у молоці присутній у формі: іон \rightarrow рівноважний іонний стан $\text{Ca}^{2+}\text{HPO}_4^{2-} \rightarrow$ розчинний сольовий комплекс \rightarrow цитрат кальцію \rightarrow колоїдно-розчинний комплекс $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]_x \rightarrow$ казеїнат кальцію у складі макромолекул \rightarrow зв'язуюча складова казеїнової міцели $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$ (колоїдний фосфат кальцію).

Сольова рівновага молока об'єднує рівновагу дисоціації істинно розчинних складових частин, а також рівновагу між істинно розчинним та колоїдним станом, зв'язані між собою рівноваги забезпечують стабільність поліфазної системи молока. Зрушення одного із співвідношень рівноваги призводить до зміщення інших рівноваг, що може призвести до дестабілізації всіх структурних елементів.

В роботах [180–188] досліджено вплив рН на ζ -потенціал та зміну стану міцел казеїну. Визначено, що зниження рН сприяє зменшенню поверхневого заряду та обумовлює зменшення ζ -потенціалу, який при зниженні рН до 5,2 дорівнює 0, надалі спостерігається підвищення ζ -потенціалу в інтервалі рН 5,2...5,0, а потім його зниження (рис. 1.6). З даних, приведених на рис. 1.6, та на основі аналізу літературних джерел [40, 174, 186–188] встановлено, що при зниженні рН колоїдний фосфат кальцію в міцелах розпадається до іонів, що дифундують із міцел та посилюють іонну силу.

Науковці зазначають [40, 165], що розміри міцел за цих умов збільшуються, що призводить до утворення більш крупних агрегатів, внаслідок чого знижується термостабільність молока. Вищевказаний показник (теплова стабільність, термостійкість, теплостійкість) є важливим з точки зору використання молока як сировини у виробництві харчової продукції. Згідно дослідження вчених [40, 165, 168, 170, 179] термостабільність залежить від сольової рівноваги, де за підвищеного вмісту іонів кальцію відбувається їх приєднання до казеїнкальційфосфатного комплексу. При цьому зміни, що відбуваються, призводять до зменшення від'ємного заряду казеїнових часточок, при нагріванні вони агрегують та коагулюють.

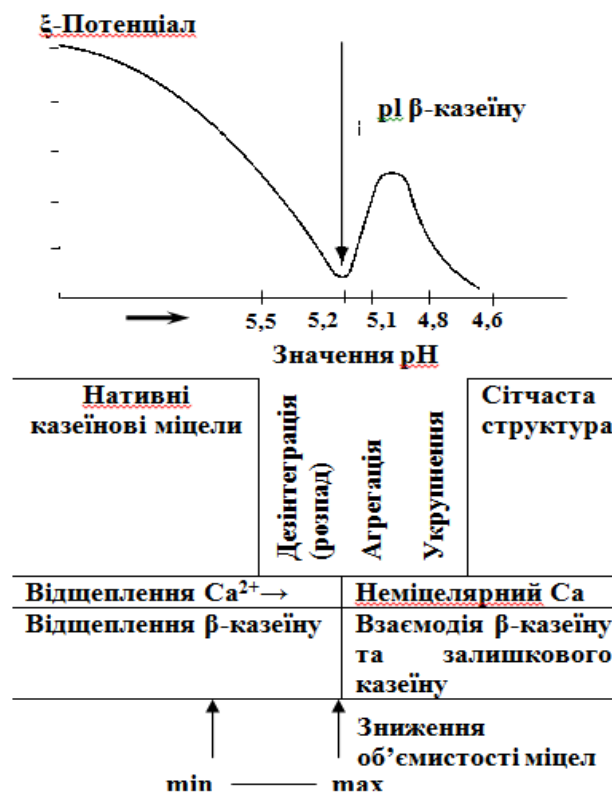


Рис. 1.6. ζ-потенціал казеїнових міцел залежно від зміни активної кислотності під час підвищення кислотності та зміни стану міцел [40, 174, 186–188]

Згідно дослідження вчених [40] за умов зміни рН у діапазоні 4,6...5,2 відбувається відщеплення стабільної частини фосфату кальцію (рис. 1.5), який з'єднано із залишками фосфосерину, при цьому перехід колоїдного фосфату кальцію у іонний стан відбувається зі зменшенням електростатичної та гідрофобної взаємодії, що приводить до часткового розпаду міцел на субміцели.

За даними [189] згущення (концентрування) молока сприяє зниженню активності іонів кальцію. У розведених до первинної концентрації зразках згущеного молока активність іонного кальцію не досягає її величини у свіжому знежиреному та відновленому молоці. Теплова обробка впливає на Ca²⁺, як і солі стабілізатори [40, 190, 191]. Півгодинне нагрівання молока за температури 50 °С знижує концентрацію іонного кальцію приблизно на 11 %; з підвищенням температури втрати іонного кальцію зростають, й за температури 90 °С

досягають 20 % до первинного вмісту, потім зберігаються на цьому рівні до 120 °С [192–196].

Розуміючи важливу роль кальцію у забезпеченні термодинамічної рівноваги молока та молокопродуктів залежно від його локалізації, широкого розповсюдження набуло застосування іонообмінних процесів як інструменту корегування його стану та вмісту [197–205]. Згідно літературних даних [97–201, 206] іонообмінні процеси характеризуються еквівалентністю та зворотністю за умов відсутності поряд з іонообміном інших хімічних процесів (утворення осаду, комплексоутворення, окислювально-відновні процеси і молекулярна сорбція). Встановлено [198, 199, 207], що на іонний обмін впливають такі чинники, як природа іоніту, сорбуючого іону й розчинника та технологічні чинники, до яких науковці відносять температуру, активну кислотність молочної сировини, швидкість процесу, фракційний склад іоніту.

В роботі [197] встановлено, що основними чинниками, які визначають швидкість процесу іонообміну між твердою й рідкою фазами, є природа (неорганічні та органічні, де останні отримують з природних або синтезованих високомолекулярних сполук) та вид іоніту – катіоніти, аніоніти чи поліфункціональні, що обумовлюється природою сорбованих позитивних (катіонів) або/чи негативно заряджених (аніонів) іонів; товарна форма – порошок, волокна, тощо; розташування і ступінь іонізації активних груп в іоніті, що визначає обмінну ємність (кількість міліграмеквівалентів поглинених іонів на 1 г сухого іоніту при 1 см³ набряклого іоніту); заряд і об'єм іонів.

З огляду на механізм перебігу процесу іонообміну у роботі [205] зазначено, що сорбція іонів кальцію із молока відбувається головним чином за рахунок його розчинної форми. При цьому перехід кальцію із казеїнового комплексу у розчинну форму супроводжується зміною дисперсії казеїнових міцел (підтверджено електронномікроскопічними дослідженнями).

Для забезпечення термостабільності молока з підвищеною кислотністю під час пастеризації та стерилізації науковцями [113] запропоновано обробку молока іонообмінними смолами. Автори відмічають, що внаслідок регулювання

ССС молока титрована кислотність останнього знижується на 2...6 °Т, термостабільність за алкогольною пробою підвищується з 66 % до 88 %, біологічна та харчова цінність пастеризованого та стерилізованого молока, що піддавалось іонообміну, практично не знижуються.

Аналітичні дослідження вказують на незначне зниження вмісту окремих компонентів молока під час обробки іонітами, зокрема, жиру, білка, лактози. Автори пояснюють це механічною чи молекулярною сорбцією компонентів молока зернами чи волокнами сорбентів [208–212].

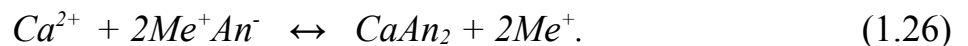
Одним із напрямів керованої зміни чи корегування ССС молока є внесення солей стабілізаторів, Цей напрям визиває полеміку серед науковців та спеціалістів галузі, проте дозволяє за рахунок іонообміну забезпечити колоїдну стійкість системи. Останнє, з одного боку, відбувається за рахунок підвищення рН молока внаслідок гідролізу солей з лужним ефектом, а, з іншого, – зниження розчинності та іонізації кальцію та магнію внаслідок зв'язування іонів кальцію як чиннику стабільності в малодисоційовані солі, що призводить до зниження концентрації іонного кальцію [200].

Науковцями пропонується до використання широкий спектр солей стабілізаторів, при цьому найбільш ефективна сіль та її оптимальна кількість встановлюється у кожному конкретному випадку залежно від хімічного складу вихідної сировини. В роботі [200] наведено дані щодо застосування як солей-стабілізаторів двозаміщеного фосфату натрію, кальцію, цитрату та бікарбонатів натрію, що вводяться до складу молока за концентрації 0,05...0,3% та внаслідок іонообміну сприяють підвищенню його колоїдної стабільності.

З огляду на комплексність іонообміну шляхом використання солей стабілізаторів на сьогоднішній день пропонується до використання суміші різних фосфатів, зокрема, «Джуліні», Турризин ST, Бекаплюс FS, Сольва GS [213] та Будал 935 [214]. Вищевказані суміші виробляються за спеціальною технологією та можуть запроваджуватись у технології молочної продукції за умов внесення їх до харчових систем за концентрації 0,05...1,0%.

Використання солей стабілізаторів у технологіях продукції на основі молочної сировини, з одного боку, сприяє колоїдній стабільності молока за рахунок зміщення сольової рівноваги, а, з іншого, – не є безпечними з огляду на порушення сольового балансу, що призводить до небажаної, за думкою науковців, зміни балансу в молоці у бік збільшення вмісту фосфатів, цитратів, тощо.

Використання іонообміну шляхом введення солей стабілізаторів з хімічної точки зору забезпечується протіканням реакції згідно рівняння (1.26):



В роботах [108–115] висвітлено вплив складу сольової системи молока на його технологічні властивості та коагуляцію білків. Так, науковцями [109] досліджено вплив іонообміну на дисоціацію казеїнових міцел. В роботі зазначено, що регулювання складу сольової системи молока шляхом вилучення з системи до 83,6 % кальцію призводить до зменшення розміру казеїнових міцел, збільшення розчинності молочних білків, що є перспективним у використанні даної обробки для виробництва білкових молочних концентратів.

У роботі [110] зазначено, що за рахунок використання катіонних смол Na-типу з молока можна видалити до 100 % кальцію. Дану обробку рекомендовано для використання під час виробництва декальцифікованого концентрату молочного білка, який характеризується більш високою розчинністю, термостабільністю, емульгуючими властивостями та піноутворюючою здатністю [111].

Автором [112] досліджено доцільність регулювання складу сольової системи молока шляхом іонного обміну кальцію з одновалентними іонами натрієм та калієм. В роботі зазначено, що за рахунок іонообміну підвищується функціональність та стабільність молочних продуктів. На підставі одержаних даних розроблено концентрат молочних білків зі зниженим вмістом кальцію, який може бути використано переважно для стабілізації харчових продуктів, які містять жир.

На підставі аналітичних досліджень встановлено, що застосування іонообмінних процесів для регулювання складу сольової системи молока здійснюють як шляхом використання іонообмінних смол, так і шляхом використання сорбентів, що надає можливість змінювати властивості казеїнового комплексу, підвищувати термо- та кислотостабільність молока, регулювати його технологічні властивості. Проте на сьогоднішній день використання іонообміну, що відбувається на катіонітах та аніонітах, не знайшло широкого впровадження з огляду на властивості та санітарно-гігієнічні вимоги до матеріалів, що використовуються для цих цілей.

З огляду на зазначене можна визначити цілий ряд інноваційних рішень, які будуть лежати в площині зв'язування іонів кальцію. Так, іонообмін за визначених умов може відбуватись у системі за використання інших складових, зокрема, альгінату натрію. Натрієва сіль альгінової кислоти є полімером, що складається із β -мануронової та λ -галуронової кислот, в молекулах яких присутні три види полімерів, одна частина з яких складається, в основному, із одиниць *D*-мануронової кислоти, друга частина – з одиниць λ -галуронової кислоти і третя частина являє собою залишки δ -мануронової та λ -галуронової кислот, що чергуються [215-220].

В літературних джерелах [215, 221–231] наведено багато інформації щодо властивостей альгінату натрію та його застосування у різних галузях харчової промисловості, зокрема, для виробництва структурованих продуктів [232–236]. Такий спектр застосування обумовлено, насамперед, функціонально-технологічними властивостями – підвищенням в'язкості та гелеутворенням з металами згідно іонотропного ряду (1.27). Останнє, зазвичай, розглядається в рамках одержання гелеподібної структури, а не з точки зору його сорбційних властивостей по відношенню до іонів кальцію, що дозволяє прогнозувати можливість та доцільність його використання для регулювання технологічних властивостей молочної сировини.



На сьогоднішній день у літературних джерелах відсутня інформація щодо технологічних принципів застосування альгінату натрію як іонообмінника для регулювання технологічних властивостей молока. Натомість, науковцями робились спроби щодо запровадження технологій, які передбачають використання солей альгінової кислоти для деконтамінації молока від радіонуклідів стронцію [237–240].

Таким чином, науковцями запропоновано численні хімічні та фізичні методи регулювання ССС молока, що сприяє фізико-хімічній стабільності його колоїдної фази. Визначено, що підвищення стабільності молока методом іонного обміну як за рахунок використання іонообмінних матеріалів (іонітів), так і шляхом введення солей стабілізаторів, сприяє розвитку виробництва продукції, де вибір сировини є обґрунтованим не лише з позиції поживної цінності, а й з огляду на технологічні властивості. Проте в сучасних умовах питання харчової цінності продукції на основі молочної сировини, перш за все, лежить у площині не лише відповідності випускаємої продукції фізико-хімічним показникам нормативній документації, а й регламентації та контролю продукції з точки зору її безпечності. З урахуванням того, що в літературних джерелах наведені дані щодо неоднозначної думки науковців відносно безпечності сучасних технологій регулювання складу сольової системи молока, існує доцільність виявлення та впровадження більш ефективних засобів іонообміну, які, з одного боку, будуть безпечними для здоров'я споживача, а, з іншого, – сприятимуть одержанню молочної сировини з підвищеними термо- та кислотостійкістю, що дозволить створити технології напівфабрикатів з молочної сировини шляхом реалізації потенціалу лактокальцію.

1.5 Інновації в технології напівфабрикатів на основі молочної сировини та кулінарної продукції на їх основі

На сьогоднішній день у виробництві напівфабрикатів та кулінарної продукції з молочної сировини намітилась стійка тенденція, яка сприяє

реалізації концепції безперервності інноваційного циклу розробок, що пов'язано з появою значної кількості інновацій. Розуміючи, що номенклатура напівфабрикатів та готової до споживання харчової продукції є занадто великою, в межах даного дослідження сконцентровано увагу на інноваціях, які реалізовано в категоріях основних предметів дослідження, а саме напівфабрикатів десертної продукції, з сиру кисломолочного, напівфабрикатів капсульованих та продуктів на їх основі.

Інновації в технології десертної продукції та напівфабрикатів для її виробництва. Аналіз інформаційних джерел [241–295] дозволяє визначити, що основними тенденціями у виробництві десертної продукції є поєднання молочної сировини з фруктовими та овочевими наповнювачами, виробництво знежиреної продукції, використання сироватки та її концентратів, збагачення продуктів соєвими білками, виробництво продукції зі зниженою калорійністю, використання пробіотичних культур, виробництво продукції з природною солодкістю, удосконалення апаратурного оформлення технологічного процесу виробництва.

Одним із нововведень у технології десертної продукції є використання у їх складі препаратів, одержання шляхом послідовного екстрагування біомаси мікроміцету. Так, відомі технології виробництва десертної продукції на основі сиру кисломолочного, де використовуються біомаси мікроміцету *Mortierella jenkinsii* [241] чи *Mortierella alpina* [242], чи *Mortierella humilis* [243], чи *Mortierella verticillata* [244] та желе молочного, до складу якого входять біомаси мікроміцету *Mortierella samyensis* [245] чи *Mortierella elongate* [246], чи *Mortierella beljakovae* [247], чи *Mortierella nigrescens* [248], чи *Pythium insidiosum* [249], чи *Mortierella dichotoma* [250], чи *Mortierella hygrophila* [251], чи *Saprolegnia parasitica* [252], чи *Mortierella nantahalensis* [253].

На сьогоднішній день однією із тенденцій розробки асортименту десертної продукції є зниження вмісту цукру білого у рецептурному складі, який використовується з метою підвищення вмісту сухих речовин, надання відповідного смаку та консистенції. В останні часи все більше солодкість

готової продукції досягається за рахунок змішування цукру білого з підсолоджувачами. Кількість цукру білого, яку замінено іншими інгредієнтами, залежить від необхідного ступеня солодкості, загального вмісту сухих речовин, їх впливу на технологічні властивості харчових систем, відносної солодкості підсолоджувача. В літературних джерелах [254–260] є посилання на повну або часткову заміни цукру білого медом бджолиним, патокою крохмальною та високомальтозною, фруктозою кристалічною, підсолоджувачами.

Цікавим з точки зору формування органолептичних властивостей та використання молочної сировини у складі десертної продукції є введення до рецептурного складу сметани. Так, в роботі [261] розроблено десертну продукцію на основі сметани з додаванням молока знежиреного та плодово-ягідної сировини (пюре яблучне та сливове, сік із чорної смородини), яка має привабливі органолептичні показники [262].

Одним із напрямів розширення асортименту десертної продукції є використання нетрадиційних інгредієнтів у її складі за умов комбінування різної за походженням сировини. Вченими запропоновано введення до рецептурного складу десертної продукції борошна із круп чи бобових, що міститься на рівні 0,3% [263]; зародків пшениці (концентрація 4,0...12,0%), зокрема, у складі сироватко-рослинного желе [264], борошна чечевичного чи вівсяного, чи перлового після теплової обробки у складі збитого десерту [265]. Відомі технології десертної продукції, у виробництві якої пропонується використання соєвого білка у складі молочного десерту [266], сої – у складі замороженого десерту [267].

В останні роки конкуренція на ринку десертної продукції вимагає від науковців та виробників постійної уваги до якості продукції та зниження її собівартості. Останнє, згідно аналітичних досліджень [268, 269], досягається шляхом заміни молочного жиру жирами різноманітного походження та систем на їх основі, що широко запроваджується у технології десертної продукції. Проте питання використання замінників молочного жиру, особливо рослинними жирами, є одним із дискусійних питань [270]. Це реальна можливість не лише

розширити асортимент продукції та збільшити обсяги виробництва з одиниці переробленої сировини, але й частково знизити собівартість продукції. Проте на фоні необхідності зниження собівартість продукції та компенсування дефіциту молочної сировини (за рахунок заміни молочного жиру) серед науковців існує полеміка, так як спеціалісти галузі впевнені в тому, що десертна продукція повинна містити молочний жир [270, 271].

В останні роки у виробництві десертної продукції на основі молочної сировини спостерігається тенденція все більш широкого використання харчових добавок. Так, для того щоб задовольнити запити споживачів щодо органолептичних властивостей, необхідно забезпечити не тільки смак, а й консистенцію. Вченими пропонується використання стабілізаторів у складі десертної продукції на основі сироватки [272, 273], емульгаторів у складі десерту на основі молочного білка [266], моностеарату пропіленгліколю, тристеарату сорбітану, лактилізованих моногліцеридів та ненасичених моногліцеридів у складі збивного замороженого продукту [274].

В рамках виробництва морозива створення структури можливо лише з використанням системи емульгаторів, стабілізаторів у певних концентраціях. Тому для покращення структури та консистенції вводять стабілізаційні системи, що зв'язують частину вільної вологи, збільшують в'язкість та збитість, підвищують дисперсність, що сприяє формуванню більш дрібних кристалів льоду, кращому збереженню вихідної структури продукту при зберіганні, збільшують опір таненню.

Проте слід зазначити, що при розробці та виведенні на ринок інноваційних харчових продуктів, перш за все, надається перевага продукції з традиційним смаком із застосуванням низьких концентрацій харчових добавок. Питання традиційності і сучасності щодо складу десертної продукції та критеріїв її якості та строку придатності на сьогодні не мають однозначної відповіді, адже використання харчових добавок декілька звужує коло потенційних споживачів.

До пріоритетних напрямів у виробництві десертної продукції на основі молочної сировини належить задоволення потреб визначеного контингенту споживачів у дефіцитних нутрієнтах. Останнє пов'язане зі зміною структури раціонів харчування, умов та характеру праці, підвищенням захворюваності, зокрема, аліментарного походження. Цікавим в теоретичному та практичному аспектах є створення продукції з пробіотичними та пребіотичними властивостями для масового та оздоровчого харчування, що досягається за рахунок використання нетрадиційних добавок. Вченими розроблено наступні технології десертної продукції: сиркові десерти з використанням пробіотиків, що вміщують молочнокислі та біфідобактерії [275, 276], культури DVS компанії Snrtkinsen та ферментативного препарату «Алтазим» [277], полікомпонентні закваски [278]; десертні продукти на основі вершково-рослинної суміші з внесенням лакто- та біфідобактерій [279] у вигляді препарату Біфілакт Д; морозива, що містить мікроорганізми-пребіотики *Lactobacillus acidophilus*, які залишаються в ньому життєдіяльними протягом всього строку зберігання [280] та ін.

Важливим для дієтичного харчування є технологія діабетичного морозива з підвищеною харчовою цінністю [254], що відрізняється використанням інтегрованої стабілізаційної системи (комплекс емульгатора та стабілізатора) та концентрату плодово-ягідного соку за наступним співвідношенням, %: молочний жир – 0,05...15,0 %, сухий знежирений молочний залишок – 5,0...12,0 %, фруктоза – 6,0...12,0 %, інтегрована стабілізаційна система – 1,3...3,0 %, концентрат плодово-ягідного соку – 5,0...10,0 %, вода питна – залишок.

У літературних джерелах [273, 281, 282] вказується на доцільність внесення до складу десертної продукції компонентів, що надають їй додаткову цінність. Зокрема, вченими розроблено спосіб одержання сиркової маси, до складу якої входить біологічно активна добавка «Йодказеїн» [281]. Науковцями [282] розроблено технологію замороженого десерту, до складу якого входить компонент, що містить поживну речовину або мікроелемент із групи, що включає магній, фосфор, цинк, селен, залізо, мідь, хром, молібден, марганець,

йод, калій, натрій, ванадій, бор; вітаміни (А, С, D, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₁₂, Е, К); біотин, холін та їх комбінації. В літературі [273] висвітлено технологію молочних десертів на основі плодово-ягідної сировини та сирної сироватки, де для одержання цільової профілактичної спрямованості їх збагачують залізом та аскорбіною кислотою.

За сучасних умов поняття «традиційний асортимент» десертної продукції поступово змінює свій зміст, і все більш актуально постає питання розробки полікомпонентних харчових систем підвищеної харчової цінності за рахунок удосконалення хімічного складу, зокрема, використання ягід та/чи фруктів (плодів), фруктових (плодових) та/чи ягідних пюре, соків. Так, авторами [283, 284] запропоновано технологію низькокалорійного молочного десерту із збалансованим складом харчових речовин, що передбачає наступні етапи: заморожування суміші, що включає плодове пюре, зокрема, із яблук, бананів, полуниці, смородини тощо (39...49%), йогурт із вмістом бактерій 10^5 (55...70%) та за необхідності цукор білий та/чи інші інгредієнти, до температури у середині суміші мінус (15...25)⁰С; внесення замороженої суміші до установки, яку оснащено засобами для подрібнення та збивання. В літературі [273] наведено дані щодо розробки рецептури та технології виробництва десертів на основі молочної сироватки, що призводять до покращення їх поживних властивостей шляхом введення до рецептури пюре із калини, обліпихи та чорної смородини. В роботі [285] обґрунтовано доцільність використання ягід кизилу та терену (джерело пектинових речовин) у складі десертної продукції.

З вищенаведених даних видно, що в технологіях, де у рецептурному складі передбачається використання плодово-ягідної сировини, науковцями пропонується до використання молочної сироватки, що має низьке значення активної кислотності. Останнє, з одного боку, обґрунтовано з огляду на властивості молочної сироватки, а, з іншого, – призводить до того, що потенціал властивостей казеїнових білків обмежений, підвищення якого можливо за рахунок нових технологічних рішень.

Розробка ресурсозберігаючих технологій залишається актуальною проблемою харчової промисловості. Так, згідно аналізу літературних даних встановлено, що пріоритетними напрямками на сьогоднішній день є удосконалення та створення технологій десертної продукції, які спрямовано на комплексну переробку сировини та вирішення питань щодо підвищення використання вторинних сировинних ресурсів. В рамках цього напрямку вважаємо за доцільне звернути увагу на використання молочної сироватки у складі структурованих десертних продуктів, у тому числі з пінною структурою. Останнє досягається за рахунок вмісту речовин, частина яких володіє поверхнево-активними властивостями, що обумовлює піноутворюючу здатність рецептурних сумішей.

На сьогоднішній день в літературних джерелах наведено дані щодо технологій наступної десертної продукції на основі молочної сироватки: суфле молочного, де молочна сироватка використовується повністю [286]; желе сироватково-рослинного [264]; мусу «Загадка», де використовується ультрафільтроційний концентрат сироватки та овочевий наповнювач [284]; замороженого молочного десерту [288]. Але необхідною умовою виробництва вищевказаних видів десертної продукції є використання широкого асортименту харчових добавок. Так, для одержання харчової продукції з необхідною консистенцією широко використовують гелеутворювачі, структуроутворювачі, емульгатори, стабілізатори. Останнє, на жаль, у споживача викликає неоднозначне ставлення до такої продукції, що диктує додаткові вимоги до наукових розробок.

Підвищення конкурентоспроможності десертної продукції – одне із важливих питань, що вирішується науковцями на сьогоднішній день. Забезпечення перспективного розвитку виробництва нової продукції вимагає використання сучасних можливостей технічного оснащення. В рамках цього напрямку велика увага приділяється підвищенню ефективності виробництва, де важливим є: досягнення високої ефективності роботи виробничих ліній з

виробництва десертної продукції та зниження операційних витрат; підтримання стабільної високої якості продукції [289, 290].

Проведені аналітичні дослідження дозволяють стверджувати, що асортимент десертної продукції, яка випускається підприємствами харчової промисловості, достатньо широкий. Поряд з цим актуальним напрямом у виробництві продукції є сектор ринку B2B, що передбачає виготовлення напівфабрикатів, які у подальшому переробляється іншим підприємством з одержанням готової продукції. З урахуванням перспективності цього напрямку слід зазначити, що асортимент напівфабрикатів для виробництва десертної продукції, що можуть використовуватись як на підприємствах харчової промисловості, так і у закладах ресторанного господарства, вузький і потребує подальшого розвитку.

В рамках наукового напрямку з розробки технології напівфабрикатів десертної продукції працює багато вчених. Так, науковцями [278] розроблено збагачений порошкоподібний концентрат на основі сухого незбираного молока, що містить добавки у вигляді фруктози, ароматизатора, гуарової камеді, натрієвої солі карбоксиметилцелюлози, лецитину, овочевого концентрату та комплексу вітамінів та амінокислот. В роботі [291] науково обґрунтовано доцільність запровадження білково-вуглеводного напівфабрикату на основі білків знежиреного молока та дикорослих ягід та напівфабрикатів на основі сколотин в технології збитої десертної продукції [292]. Авторами [293] запропоновано технологію сухої суміші для одержання збитого молочного продукту, що готують з молочної сировини, яка містить жир (0,1 %), сухий знежирений молочний залишок (10...36%), цукор білий, стабілізатор, харчову добавку «П 350» та смакоароматичні добавки.

В роботах [294–296] науково обґрунтовано технологічні параметри виробництва молочно-білкових концентратів зі сколотин з використанням як коагулянтів органічних кислот плодово-ягідної сировини. Автором доведено, що використання плодово-ягідних коагулянтів для комплексного осадження білків

сколотин підвищує інтегровану антиоксидантну активність одержаних концентратів та збільшує вміст в них біологічно-активних речовин.

Аналітичні дослідження з розробки та впровадження технології напівфабрикатів десертної продукції показали, що цей напрям далекий від насичення, розробка та запровадження напівфабрикатів на основі молочної сировини із залученням інших рецептурних компонентів є актуальним питанням.

Інновації в технології сиру кисломолочного та напівфабрикатів на його основі. Одним із напрямів розширення асортименту продукції на основі сиру кисломолочного є використання нетрадиційних інгредієнтів у її складі за умов комбінування різної за походженням сировини. Вченими [297] запропоновано введення до рецептурного складу сиркового десерту борошна із круп чи бобових, що міститься на рівні 0,3 %.

Сирні продукти із зерновими компонентами в останні роки користуються значною популярністю серед споживачів. Поєднання корисних якостей молочних і злакових продуктів дозволяє одержати гармонійні за складом і властивостями композиції. Молочно-злакові продукти володіють певними функціональними властивостями. Молочний інгредієнт містить кальцій і білок, багатий на незамінні амінокислоти, рослинний жир злакового інгредієнта - поліненасичені жирні кислоти, плодові і насінні оболонки злаків, харчові волокна, вітаміни С, В, В₂, В₆, в тому числі антиоксиданти Е, β-каротин, олігосахариди та мінеральні речовини [298].

Вибір сиру кисломолочного як основи комбінованих молочно-рослинних продуктів не випадковий. Це обумовлено його частим споживанням в традиційному раціоні харчування, функціональними і технологічними властивостями. Начасі розроблено технологію кисломолочних білкових продуктів, які містять рослинні компоненти високої харчової цінності - пророщене зерно пшениці, наповнювач з нелущеного гороху, смакові добавки (курага, томат тощо). Для одержання однорідної структури сирного згустку наповнювач вносять у тонкодиспергованому стані у вигляді борошна. Це забезпечує рівномірність розподілу його в сирній основі та виключає розшарування продукту. Біологічна цінність комбінованого

сирного продукту досить висока. Введення рослинних компонентів дає можливість замінити частину тваринного білка рослинним, значно збагатити мінеральний склад, підвищити вміст вітамінів, особливо водорозчинних, а також внести харчові волокна.

Автором [299] розроблено технологію молочно-солодового десерту функціонального призначення на основі сиру кисломолочного. Застосування ячмінно-солодового екстракту як складової частини продукту сприяє вирішенню актуальної проблеми сучасного молочного виробництва – створення технологій нових комбінованих кисломолочних продуктів, які не містять цукор і мають підвищену харчову та біологічну цінність. Встановлено, що внесення ячмінно-солодового екстракту до сиру кисломолочного, як рецептурного компоненту, знижує його кислотність на 17...20 % та підвищує вміст сухих речовин на 8...12 %.

Останні роки вченими [300] проводяться дослідження та розробка технології сирів плавлених пастоподібних з використанням сиру кисломолочного. Основними сировинними компонентами при виробництві плавлених сирів є тверді сичугові сири і спеціальні сири для плавлення. Перспективним напрямком є розробка нових рецептур і технологій виробництва пастоподібних плавлених сирів на основі сиру кисломолочного різної жирності. Заміна в рецептурах твердих сичугових і спеціальних сирів на дешеву сирну сировину, а також використання рослинних жирів, істотно підвищує рентабельність виробництва. Це дозволить розширити асортимент пастоподібних плавлених сирів, залучити нові сировинні ресурси, збільшити обсяги виробництва.

Вагомими за останні роки є напрацювання в області створення молочно-білкових концентратів з використанням йодовміщуючої сировини [301,302], технологій молочних продуктів функціонального призначення [303–308], структурованої кулінарної продукції з використанням концентратів сколотин [309], ресурсозберігаючих технологій молочних продуктів профілактичної дії [310, 311], депонування іонів кальцію шляхом іонообмінної

обробки [108], зміни властивостей казеїну під впливом технологічних чинників [312] та інших. Вищезначені здобутки є теоретичним та експериментальним підґрунтям розвитку технологій харчової продукції з сиру кисломолочного, в основу яких покладено регулювання складу сольової системи молока.

Узагальнення літературних та Internet-джерел [313, 314–322] показує, що в останні роки в технології кулінарної продукції на основі сиру кисломолочного розроблено та запроваджено низку новацій для надання їй функціонально-фізіологічних властивостей.

Так, фахівцями Київського національного торговельно-економічного університету [317] розроблено технологію чизкейків із використанням зернопродуктів – пшениці подрібненої, борошна горохового, соєвого, клітковини, висівок пшеничних та вівсяних, овочево-фруктових пюре. Ученими встановлено збільшення кількості мінеральних речовин (заліза – на 125...130 %, кальцію – на 25...35 %, йоду – в 2,6...3 рази), вітамінів (фолієвої кислоти – на 82...90 %, біотину – на 45...50 %, нікотинової кислоти – на 4...50 %) порівняно з контролем за рахунок використання рослинних інгредієнтів [318].

Дослідженнями фахівців кафедри харчової біотехнології та хімії Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя [319] запропоновано використання лляної олії (як джерела омега-3 жирних кислот) у складі сиркової пасти. Експериментально доведено, що завдяки наявності лляної олії та кисломолочних мікроорганізмів (кількість $4,7 \cdot 10^8$ КУО/г) новий продукт характеризується пробіотичними властивостями.

Фахівцями Харківського державного університету харчування та торгівлі [320] розроблено технології десертів із сиру кисломолочного підвищеної харчової цінності за рахунок використання дієтичної добавки «Гемовітал». Відзначено, що за умови споживання 100 г десерту забезпечується 1/3 добової потреби організму людини в гемовому залізі. Авторами [321] розроблено молочно-рослинний збивний десерт на основі сиру кисломолочного з використанням чуфи та топінамбура, що дозволяє забезпечити наявність необхідних компонентів їжі для людей із порушеним вуглеводним обміном.

Фахівцями Національного університету харчових технологій [322] розроблено пасти кисломолочні закусочного типу з композиціями прянощів, до складу яких входять сухий мелений корінь селери, базилік, майоран, сухий часник та духмяний перець. Обґрунтовано раціональний вміст наповнювачів: корінь селери – 2,0 %, прянощі – 0,6...1,8 % та доцільність внесення стабілізатора (модифікованого крохмалю) у кількості 0,2 %.

Розроблено технологію швидкозаморожених напівфабрикатів на основі сиру кисломолочного (сирників та запіканок) з борошном із насіння гарбуза та кавуна. При внесенні рослинних компонентів зменшується кислотність тіста та масова частка вільної вологи у вихідній суміші [323].

Науковцями Омського державного аграрного університету ім. П. А. Столипіна розроблено технологію пудингу на основі сиру кисломолочного, до складу якого входять вершки, сироп плодово-женьшеньовий, стабілізаційна система Стабісол JTL, іммобілізована закваска пробіотичних культур LAT PB AC-0, сир знежирений, одержаний із застосуванням ультрафільтрації. Установлено, що використання Стабісол JTL, що містить у своєму складі модифікований крохмаль (E1422), желатин та гуар (E412), підвищує харчову цінність та сприяє формуванню пластичної мазкої консистенції продукту [324].

Розроблено технології сирників на основі сиру кисломолочного, збагачених харчовими волокнами порошку гарбузового. Показано, що заміна частини борошна порошком гарбузовим у рецептурі сирників впливає на зміну органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних показників напівфабрикатів та готових виробів [325].

Авторами [326] розроблено рецептуру сирників дієтичного призначення з використанням харчових волокон «Цитри-Фай 200» та ягід чорної смородини й журавлини. Розроблена технологія дозволяють підвищити біологічну цінність нового виробу, збільшити строки зберігання, розширити асортимент напівфабрикатів з сиру кисломолочного, а також додатково збагатити вироби есенціальними мікронутрієнтами.

Вченими [327] досліджено можливість використання у технології виробництва сирників рослинного комплексу зеленої гречки. Встановлено, що за рахунок використання останнього, який володіє високою вологоутримуючою здатністю, можна скоротити тривалість технологічного процесу, виключити деякі технологічні операції (наприклад, пресування).

Запатентовано використання як фаршу для вареників сиру кисломолочного, збагаченого морськими водоростями фукус для підвищення біологічної цінності продукту [328]. Відомий спосіб виробництва вареників лінивих з сиром кисломолочним з масовою часткою жиру 5 %. Як рослинний наповнювач, що має профілактичну дію, застосовують харчові волокна, одержані з хвостиків цукрових буряків, та стабілізатор (ячний порошок). Одержану масу витримують за температури 4...8 °С протягом $(1,5...2) \times 60^2$ с та заморожують [329]. Розроблено технології виробництва вареників з сиром кисломолочним та кунжутом «Сезам» та вареників лінивих «Сезам 1». Вони мають підвищений вміст кальцію, калію, магнію та олії [330].

Відомий склад запіканки сирної, що включає сир кисломолочний (63...73 %), цукор білий (11,8...12,0 %), крупу манну (1,8...2,0 %), сіль кухонну (до 0,12 %), загущувач (до 0,2 %), молоко знежирене (23...33 %) та наповнювач. Підготовлені компоненти зважують та збивають протягом $(13...15) \times 60$ с до досягнення необхідної однорідної консистенції та випікають за температури 210...220 °С протягом $(20...25) \times 60$ с [331].

Аналіз інформаційних джерел [332–334] дозволяє стверджувати, що на сьогоднішній день накопичено значний досвід створення емульсійних систем на основі білково-молочних концентратів, в тому числі сиру кисломолочного. Загальновідомо, що в умовах утворення білково-жирових емульсій важливим є реалізація технологічних властивостей білків, зокрема, емульгуючої здатності, що корелює з розчинністю [335, 336]. За умов, що у складі сиру кисломолочного білок (казеїн) знаходиться в межах ізоелектричної точки, необхідно визначити умови, за яких розчинність білків, а отже й емульгуюча ємність, буде підвищуватись.

В роботах [337–340] обговорюються різні способи підвищення розчинності білків чи вмісту розчинних білків. Перш за все це ферментативні (ферментативний гідроліз білків з утворенням пептидів, дипептидів та амінокислот) [337] та хімічні (зв'язування лізину редукуючими цукрами за присутності ціаноборгідрату) [338] способи модифікації. Широко також застосовують використання лужних регуляторів рН – фосфатів, цитратів [339]). Технологічні способи впливу на білкові речовини (додаткове введення казеїнатів, копреципітатів, концентратів сироваткових білків) [340] більшою мірою пов'язано з підвищенням концентраційного вмісту розчинних білкових речовин. Але запропоновані способи мають певні обмеження. Зокрема, накопичення гіркої присмаку внаслідок ферментолізу [337], обмеження, а в деяких випадках заборона на використання харчових добавок, наявність лужного післясмаку [338], піщаниста консистенція, підвищення вартості готової продукції [339–340].

Узагальнюючи аналіз існуючих розробок у області технологій кулінарної продукції з сиру кисломолочного слід зазначити, що більшість із них стосується регулювання харчової цінності, в той час як притаманні сиру кисломолочному об'єктивні технологічні властивості – ущільнення білкового згустку, синерезис, низька вологоутримуюча здатність – не знайшли вирішення. Розв'язати ці технологічні завдання можливо за рахунок використання напівфабрикатів, у яких буде реалізовано опцію забезпечення стабільності продукції в технологічному потоці її виробництва.

Разом з тим на сьогоднішній день не виявлено системних досліджень щодо обґрунтування технологічних параметрів виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного, в яких на етапі їх виробництва усунуто обмеження щодо їх використання в технології кулінарної продукції. Тому виникає об'єктивна необхідність створення напівфабрикатів на основі сиру кисломолочного, властивості якого модифіковано відповідно до вимог технологічного процесу виробництва кулінарної продукції закладів ресторанного господарства.

Інновації в технології структурованої сфероподібної продукції. Одним із напрямів, який інтенсивно розвивається протягом останнього часу, є створення структурованих харчових продуктів [341–349]. У світовій практиці перспективним є створення сфероподібної (капсульованої та гранульованої) продукції, що забезпечує формування нових текстурних властивостей харчової продукції, підвищення строків її зберігання, реалізацію контрольованого вивільнення біоактивних мікронутрієнтів [350–352].

Так, в роботах [353, 354] науково обґрунтовано технологічні параметри капсулювання оліє-жирової сировини – олії соняшникової, оливкової, соєвої; технології капсулювання тугоплавких жирів та їх сумішей для кулінарних та кондитерських виробів; технологію капсулювання олій рослинних, збагачених жиророзчинними вітамінами, риб'ячим жиром; технологію дресингів, салатних заправок, готових до вживання, з різними смаковими характеристиками.

Відомо спосіб капсулювання водно-жировий емульсій з використанням альгінату натрію. Розроблені технологічні принципи дозволили науково обґрунтувати та розробити технології аналогу ікри чорної, створити капсульовані продукти з новими споживними властивостями, розширити асортимент кулінарної продукції закладів ресторанного господарства [355].

Особливої актуальності набувають технології капсульованих соусів, зокрема майонезів, гірчиці, томатних соусів [356]. Дані підходи дозволяють одержувати традиційні соуси у вигляді інноваційних товарних форм – капсул з термостабільною оболонкою. Це дозволяє використовувати їх у технологічних процесах закладів ресторанного господарства (як соуси для декору, фарширування тощо), так і у виробничих циклах підприємств м'ясної (виробництво ковбасних виробів), молочної (технологія твердих та плавлених сирів), хлібоперкарної та кондитерської промисловості.

Перспективним є напрям з розробки та запровадження технології капсульованої продукції з пробіотичними властивостями [357–361]. Такий підхід визначає можливість формування капсул, використання яких у складі харчової

продукції дозволить збагатити її на корисну мікрофлору та надати продуктам рангу спеціального та дієтичного призначення.

Відомі дослідження, в рамках яких здійснено мікрокапсулювання *Bifidobacterium longum* з використанням методів екструзії у різних матрицях. Як матрицю запропоновано використання молочної сировини (молоко коров'яче та козяче) та структуроутворювача альгінату натрію. Такий вибір матриці обумовлено тим, що молочна сировина є природним середовищем, в якому біфідобактерії здатні максимально довго зберігати фізіологічну активність. Застосування альгінату натрію у комбінації з хлористим кальцієм забезпечує одержання щільних мікрокапсул (гранул) [362–364].

Новим напрямом є капсулювання окремих складових молочної сировини, зокрема молочних білків, молочного жиру, лактози. Такий спосіб за дозволяє сконцентрувати визначені речовини у формі інкапсулянту, збагатити харчові продукти та підвищити їх харчову та біологічну цінність [365–367].

Виходячи з цього, слід зазначити, що молочна сировина є перспективною сировиною для одержання структурованих сфероподібних продуктів. Однак, з наведених досліджень видно, що здебільше молоко використовують як «пасивний» рецептурний компонент з додатковим застосуванням харчових добавок для реалізації процесу капсулювання чи воно (молоко) є сировиною для виділення окремих його складових з подальшим їх використанням як інкапсулянтів.

На жаль, наукових розробок, спрямованих на підвищення ресурсного потенціалу молочної сировини шляхом регулювання її технологічних властивостей, досить мало. Безумовно, такі підходи дозволяють вирішити певне коло питань щодо розширення асортименту, зниження собівартості тощо. Базуючись на цьому, актуальним є наукове обґрунтування та розробка технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини за регулювання її функціонально-технологічних властивостей з врахуванням наявного потенціалу. Такий підхід не є типовим для технології молочних продуктів та потребує ретельних досліджень. Це визначає необхідність розробки нових

технологічних принципів переробки молочної сировини з врахуванням її хімічних та термодинамічних потенціалів. В межах певних технологій це дозволить визначати нові напрями переробки молока та створити продукти з новими споживними властивостями.

З практичної точки зору запропоновані інноваційні технологічні рішення забезпечать підвищення ефективності функціонування ланцюга «молочна промисловість – ресторанний бізнес» за рахунок раціонального використання сировинних ресурсів (молоко знежирене, сироватка молочної), покращення екологічності виробничих процесів. Це в цілому сприяє забезпеченню конкурентоспроможності харчових виробництв на продовольчому ринку України. Використання напівфабрикатів в сегменті HoReCa дозволить упровадити індустріальні технології виробництва кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів з молочної сировини, одержати продукцію з новими споживними властивостями – товарною формою, харчовою цінністю, строком зберігання, технологічним призначенням.

Висновки за розділом 1

1. З урахуванням посилення процесів глобалізації та інтеграції України до світової спільноти визначено, що одним із шляхів підвищення ефективності функціонування харчової промисловості є розвиток інтеграційних зв'язків та побудова на їх основі інтегральних об'єднань як складових міжгалузевої кооперації. Виявлено, що потенціал реалізації B2B процесів в молочної промисловості є поширеним, проте достатньо консервативним.

2. Висвітлено сучасний стан та перспективи розвитку молочної виробництва в системі євроінтеграційних координат. Доведено, що одним із перспективних напрямів є переробка вторинної молочної сировини (молоко знежирене, сироватка молочна, сколотини) з одержанням напівфабрикатів для виробництва кулінарної та кондитерської продукції ЗРГ.

3. Узагальнено інформацію щодо термодинамічних аспектів реалізації потенціалів харчових систем крізь призму сучасних уявлень про перетворення

основних складових молока як поліфазної системи у технологічному потоці виробництва харчової продукції. Визначено закономірності біохімічних та хімічних перетворень складових молока, які ґрунтуються на теоретичних положеннях харчових дисперсних систем, та є основоположними при моделюванні, науковому обґрунтуванні та розробці технології напівфабрикатів на основі молочної сировини.

4. Аналітично досліджено роль кальцію в забезпеченні термодинамічної рівноваги молока як сировини. Не виявлено інформації щодо використання технологічних та термодинамічних потенціалів молока, в т.ч. потенціалу лактокальцію для забезпечення колоїдної стабільності харчових систем на основі молочної сировини та одержання структурованих сфероподібних продуктів.

5. Наведено огляд інновацій в технологіях напівфабрикатів на основі молочної сировини та кулінарної продукції на їх основі. Встановлено, що в межах міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес» номенклатура напівфабрикатів, які використовуються у виробничій діяльності останніх, є вкрай обмеженою й за останній час суттєвих змін не зазнала. Напівфабрикати з молочної сировини з радикальними інноваціями не виявлено.

6. Обґрунтовано доцільність створення напівфабрикатів на основі молочної сировини шляхом реалізації потенціалу лактокальцію та альгінату натрію, використання яких дозволить ефективно використовувати харчовий та технологічний потенціал молочної сировини, залучити в технологічний цикл виробництва харчової продукції вторинну молочну сировину (молоко знежирене, сироватка молочна), розробити широкий асортимент конкурентоспроможної продукції з високими споживними властивостями та експортним потенціалом.

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЗАЦІЯ, ПРЕДМЕТИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У даному розділі висвітлено методологічні підходи, які покладено в основу дисертаційного дослідження, наведено програму теоретичних та експериментальних досліджень з розробки технологій напівфабрикатів, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію, 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.

2.1 Методологічні підходи, програма теоретичних та експериментальних досліджень

Методологія дисертаційного дослідження ґрунтується на аспектному (визначення проблеми дослідження), системному (встановлення взаємозв'язків, цілісності та характеру зв'язків в системі, що досліджується) та концептуальному (розробка концепції дослідження) підходах, які покладено в основу програми теоретичних та експериментальних досліджень (рис. 2.1). При виконанні дисертаційної роботи реалізовано поетапний механізм поширення інновацій, який передбачає підпорядкування єдиній меті взаємозалежні складові системи – логічний та формальний аналіз, логічний та формальний синтез, оцінка ефективності функціонування системи. Досягнення мети дослідження забезпечено синхронізацією циклу: фундаментальні дослідження – прикладні розробки – комерціалізація.



Рис. 2.1. Програма теоретичних та експериментальних досліджень

Верифікацію (англ. *verification* – перевірка правильності та якості виконання всіх етапів розробки науково-технічного продукції) та валідацію (англ. *validation* – комплексна перевірка науково-технічної продукції встановленим вимогам) результатів дослідження здійснено шляхом перевірки теоретичних моделей на адекватність, оцінки відповідності одержаних результатів (технологій) інноваційному задуму, тестування функціональності технологій під час їх комерціалізації.

Експериментальні дослідження проводилися протягом 2009...2018 рр. в науково-дослідних лабораторіях кафедри технології харчування ХДУХТ, зокрема, в лабораторії реологічних досліджень, науково-дослідній лабораторії Food Research and Development Lab. Дослідження мінерального складу сировини, напівфабрикатів та готової продукції здійснювали в лабораторії Харківського Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Масову частку жиру, білка, лактози та сухих речовин в молочній сировині визначали в лабораторії якості кормів та продукції тваринного походження Інституту тваринництва НААН України.

Дослідження інфрачервоних спектрів (ІЧ-спектри) поглинання зразків *AlgNa* та систем «*AlgNa - Ca_{Lact}*» здійснювалось в Інституті монокристалів НАН України. Визначення молекулярно-масового розподілу (ММР) фракцій *AlgNa* та систем «*AlgNa - Ca_{Lact}*» проводили в лабораторії Інституту мікробіології і вірусології ім. Заболотного НАН України. Визначення мікробіологічних та токсикологічних показників напівфабрикатів та готової продукції здійснювали в лабораторії Харківського регіонального науково-виробничого центру стандартизації, метрології та сертифікації.

2.2 Предмети та матеріали дослідження

Предметами дослідження дисертаційної роботи були:

– молоко, яке одержували з сировинної зони ДП «ДГ «Кутузівка»» та ДП «Гонтарівка» інституту тваринництва НААН України (2009...2018 р.р.) за ДСТУ 3662 [368];

– молоко знежирене (TPC_M), яке одержували шляхом сепарування молока незбираного;

– молоко знежирене з регульованим складом сольової системи (TPC_M з регульованим ССС), яке одержували шляхом сорбції іонного лактокальцію розчином *AlgNa*;

– сироватка молочна (TPC_c), яку одержували під час переробки молока знежиреного з відділенням білкового згустку, з рН 4,0...5,0);

– сироватка молочна за ДСТУ 7515 з рН 4,3...4,7 [369];

– суміші сирно-молочні, які одержували шляхом купажування сиру кисломолочного, одержаного з TPC_M з регульованим ССС, та TPC_M з регульованим ССС за співвідношення (0...100):(100...0);

– суміші молочно-сироваткові (TPC_{cym}), які одержували шляхом купажування молока згущеного знежиреного (фактор згущення 1...4) та сироватки молочної (TPC_c) за співвідношення (0...100):(100...0);

– розчини *AlgNa* за концентрації 1,0...2,0 %;

– системи «*AlgNa - Ca*», що виготовлені на основі розчинів *AlgNa* за концентрації 1,0...2,0% та Ca^{2+} за концентрації 0,01...0,15 %, джерелом яких були кальційвміщуючі солі (хлорид кальцію ($CaCl_2$), сульфат кальцію ($CaSO_4$)), та системи «*AlgNa - Ca_{Lact}*» на основі TPC ;

– напівфабрикати, одержані шляхом реалізації потенціалу лактокальцію: десертної продукції, з сиру кисломолочного, на основі сироватки молочної капсульовані, молочні та кисломолочні капсульовані;

– продукти гранульовані на основі альгінату натрію та лактокальцію;

– кулінарна та кондитерська продукція на основі напівфабрикатів.

Хімічний склад, фізико-хімічні та мікробіологічні показники молока знежиреного представлено в табл. 2.1, показники якості та безпечності *AlgNa* марки FD-157 наведено в табл. 2.2.

**Хімічний склад, фізико-хімічні та мікробіологічні показники
молока знежиреного**

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
Масова частка сухих речовин	%	8,8...10,0
Масова частка жиру	%	0,8...1,0
Масова частка білка	%	3,0...3,3
Масова частка лактози	%	4,6...5,0
Масова частка мінеральних речовин, в т.ч.	%	0,4...0,7
калій	мг%	150...160
натрій	мг%	12...25
кальцій	мг%	112...140
магній	мг%	12...16
фосфор	мг%	34...70
Титрована кислотність	°Т	19,0...21,0
Активна кислотність	од.	6,4...6,7
Оптична густина	оп.од.	0,85...0,90
Мезофільні аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми, КУО в 1 г	од.	$5 \cdot 10^4$
Патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду <i>Sallmonella</i> в 25 г	од.	не виявлено
БГКП (коліформи) в 0,1 г	од.	не виявлено

Таблиця 2.2

Показники якості та безпеки *AlgNa* марки FD-157

Найменування показника	Характеристика згідно сертифікату відповідності	Результати дослідження*
1	2	3
Органолептичні та фізико-хімічні показники		
Зовнішній вигляд	білий з кремовим відтінком порошок	відповідає
Розчинність	розчинний у холодній воді	відповідає
pH 1,0 % розчину	5,5...7,5	6,9±0,1
Розмір частинок, меш, не більше	200	відповідає

1	2	3
Мікробіологічні показники		
Мезофільні аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми, КУО в 1 г, не більше	5000	$0,5 \cdot 10^2$
БГКП (коліформи), в 1 г	не допускається	не виявлено
Патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 10 г	не допускається	не виявлено
Токсичні елементи		
Свинець, мг/кг	5,0	0,5
Кадмій, мг/кг	1,0	не виявлено
Ртуть, мг/кг	1,0	не виявлено
Миш'як, мг/кг	3,0	0,1
*Примітка: результати дослідження показників якості та безпечності надано виробником		

Характеристику предметів дослідження з конкретизацією підприємств-виробників та документів, які регламентують їх показники якості і безпечності, наведено в табл. 2.3.

Розчини *AlNa* одержували шляхом диспергування наважки у воді питній деаерованій та демінералізованій за температури 18...20 °С протягом (3...4) · 60 с з наступним витримуванням протягом 24 · 60² с. Розчини CaCl₂ та суспензії CaSO₄ одержували шляхом введення розрахункової кількості хлориду чи сульфату кальцію у воду питну демінералізовану за постійного перемішування.

Таблиця 2.3

Характеристика предметів та матеріалів дослідження

Найменування предметів дослідження	Найменування підприємства-виробника, його місцезнаходження	Нормативна та / або інша документація, що регламентує показники якості і безпечності
1	2	3
Молоко знежирене	ДП «ДТ Кутузівка», ДП «Гонтарівка» Харківська обл., Україна	Декларація виробника

1	2	3
Молоко згущене знежирене	ТОВ «КМК», м. Куп'янськ, Україна	Специфікація продукту
Сироватка молочна	ТОВ «КМК», м. Куп'янськ, Україна	ДСТУ 7515 [369]
Вершки (жирність 30%)	ТОВ «КМК», м. Куп'янськ, Україна	Специфікація продукту ДСТУ 8131 [370]
Заквасочні культури прямого внесення	Chr. Hansen, Данія	Специфікація продукту
Крохмаль кукурудзяний	ВАТ «Дніпровський крохмалопаточковий комбінат», м. Дніпро, Україна	Специфікація продукту
Крохмаль кукурудзяний модифікований	Ingredion Germany GmbH, Німеччина, Hamburg	Сертифікат аналізу
Концентрати соків, пюре	ТОВ «Дьолер», Україна	Специфікація продукту
Олія соняшникова рафінована дезодорована	ТОВ «Чугуївський олійно-жировий комбінат», Харківська обл., м. Чугуїв, Україна	ДСТУ 4492 [371]
Альгінат натрію марки FD-157	Фірма «Danisco», Данія	Сертифікат аналізу
Хлорид кальцію	Фірма «Biowin», Польща	Сертифікат аналізу
Сульфат кальцію	ТОВ «Хімфармінвест», м. Київ, Україна	Сертифікат аналізу
Сіль кухонна	ТОВ «РУССОЛЬ-Україна», Донецька обл., Слов'янський р-н, смт Райгородок	ДСТУ 3583 [375]
Цукор білий	ПСП «Явір», Харківська обл., Краснокутський р-н, с. Мурафа, Україна	ДСТУ 4623 [373]
Кислота лимонна	«Weifang Ensign Industry Co., Ltd», Китай	ДСТУ ГОСТ 908 [374]
NaКМЦ	ТОВ «Пальмира», м. Одеса, Україна	Сертифікат аналізу
Каррагінан	Фірма VianoKS, Китай	Сертифікат аналізу
Сорбат калію	«Rugao changjiang food Co., Ltd», Китай	Сертифікат аналізу
Вода питна	–	ГОСТ 2874 [375]
Вода дистильована	–	ГОСТ 6709 [376]
МГС Biogon NC-20	ТОВ «Linde Gas», м. Дніпро, Україна	Специфікація продукту

Системи «*AlgNa-Ca*» на основі розчину *AlgNa* та кальцієвміщуючих солей одержували шляхом введення розрахункової кількості CaCl_2 чи CaSO_4 , після чого залишали для структуроутворення на $24 \cdot 60^2$ с. Системи «*AlgNa - Ca_{Lact}*», де джерелом лактокальцію було TPC_m за рН $6,7 \pm 0,1$ та $5,5 \pm 0,1$, одержували шляхом крапельного введення розчину *AlgNa* до TPC_m .

Сорбцію іонного лактокальцію для регулювання ССС TPC_m здійснювали шляхом крапельного введення до нього розчину *AlgNa* з наступним витримуванням протягом $(58 \dots 60) \cdot 60$ с з утворенням гранульованих продуктів, які надалі видаляли шляхом декантації.

Зразки сиру кисломолочного з TPC_m та TPC_m з регульованим ССС одержували за традиційною технологією кислотним способом з сировини однієї партії. Молоко пастеризували за температури $78 \dots 80$ °С протягом $20 \dots 30$ с та охолоджували до температури $32 \dots 34$ °С. В підготовлене молоко вносили заквасочну культуру прямого внесення та піддавали ферментації за температури $32 \dots 34$ °С до рН $4,5 \dots 4,6$. Утворений згусток розрізали на кубики розміром $(2 \times 2 \times 2) \times 10^{-3}$ м для кращого відділення сироватки. Для прискорення відділення сироватки готовий згусток піддавали тепловій обробці до температури $40 \dots 42$ °С протягом $(15 \dots 30) \cdot 60$ с. Відварений згусток відділяли від сироватки та піддавали самопресуванню за температури повітря $4 \dots 8$ °С. Одержаний згусток охолоджували до температури $0 \dots 6$ °С.

Під час експериментальних досліджень використовували мезотермофільні заквасочні культури (*Lactococcus lactis sp. lactis*, *Lactococcus lactis sp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. biovar. diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris*, *Streptococcus salivarius sp. thermophilus*) прямого внесення, які за показниками якості та безпечності відповідали вимогам нормативної документації виробника.

Під час обґрунтування умов та строків зберігання напівфабрикатів з сиру кисломолочного застосовували технології пакування MAPAX в модифікованих газових середовищах (МГС – BIOGON® NC 20), які вироблено компанією Linde-Gas, м. Дніпро.

2.3 Методи дослідження

2.3.1 Методи відбору проб, визначення хімічного складу сировини, напівфабрикатів та готової продукції

Відбір проб та підготовку зразків для дослідження здійснювали за ГОСТ 3622 [377], ГОСТ 26313 [378], ДСТУ 4834 [379], ДСТУ ISO 707 [380], ДСТУ ISO 5538 [381], ДСТУ ISO 8197 [382], ДСТУ 7670 [383], ГОСТ 26809.1 [384], ГОСТ 26809.2 [385], ДСТУ IDF 122С [386].

Дослідження загального хімічного складу молока знежиреного, сиру кисломолочного та напівфабрикатів на його основі визначали за загальноприйнятими методами: масову частку сухих речовин та вологи – за ГОСТ 3626 [387], вміст загального білка – методом К'ельдаля [388], масову частку загальних вуглеводів та лактози – поляриметричним методом [389], жиру – за ГОСТ 5867 [390], ДСТУ ISO 11870 [391] та кислотним методом [392], мінеральних речовин – озоленням [393], елементний склад мінерального залишку – на рентгено-флуоресцентному аналізаторі ElvaX Light SDD, детекторі Oxford X-max 80. Вміст амінокислот визначали методом рідинно-рідинної хроматографії, триптофану – за Грехемом [393], амінокислотний скор білків і ступінь збалансованості амінокислот досліджували за методами ФАО/ВООЗ [393], жирнокислотний склад ліпідів – методом газової хроматографії [398]. Визначення вітамінного складу здійснювали з використанням високоефективної рідкої хроматографії; вітамін А (ретинол) – за ГОСТ 30627.1 [394], вітамін С (аскорбінова кислота) – за ГОСТ 30627.2 [395], вітамін В₁ (тіамін) – за ГОСТ 30627.5 [398], вітамін В₂ (рибофлавін) – за ГОСТ 30627.6 [397].

2.3.2 Методи визначення фізико-хімічних та технологічних показників модельних систем, напівфабрикатів та готової продукції

Активну кислотність молока знежиреного визначали за допомогою іонометра І 130 з електродною системою для вимірювання рН [398]. Титровану

кислотність молока знежиреного, білкового згустку та сиру кисломолочного досліджували за ГОСТ 3624 [399].

Вміст кальцію в молоці встановлювали комплексонометричним методом по А.Я. Дуденкову, який засновано на взаємодії кальцію з трилоном Б, в результаті чого кальцій переходить із з'єднань з білками та фосфором в розчин. Залишок трилону Б відтитровували розчином хлориду кальцію [389]. Вміст кальцію розраховували за формулою:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 2 \cdot 0,97 \cdot 100}{V}, \quad (2.1)$$

де X – вміст кальцію, мг%;

V_1 – загальний об'єм 0,1 н розчину трилону Б, який додано до молока, см³;

V_2 – об'єм 0,1 н розчину хлориду кальцію, який витрачено на зворотне титрування трилону Б, см³;

2 – кількість кальцію, відповідного 1 см³ 0,1 н розчину трилону Б, см³;

0,97 – коефіцієнт перерахунку кількості молей із мл в г;

V – об'єм дослідного зразка, см³.

Масову частку іонного кальцію в дослідних зразках визначали потенціометричним методом з використанням кальцій-селективного електроду [400]. Визначення розміру та середньої маси часточок казеїну проводили методом світлорозсіювання [389].

Вміст розчинного білка в системах на основі сиру кисломолочного визначали біуретовим методом. Для одержання зразків зважували чотири наважки по 10 г та додавали в кожен окремо по 90 см³: дистильованої води, розчини зі значенням рН 6,0; 8,0 та 9,0 та ретельно перемішували. Через (25... 30) · 60 с вимірювали рН розчинів. Потім кожний розчин доводили 1,0% розчином гідроксиду натрію до первинних значень рН та залишали на 30 · 60 с. Зразки центрифугували протягом 5 · 60 с, кількість обертів – 500 с⁻¹. Після центрифугування 5 см³ надосадної рідини переносили у лабораторну склянку, додавали 5 см³ 10 % розчину гідроксиду натрію, 2...3 краплини 1 % розчину сульфату міді, перемішували. Для визначення оптичної густини кювету приладу КФК-2 заповнювали розчином зразка та визначали оптичну

густину (довжина хвилі складала 540 нм). Як розчин-порівняння використовували біурет [389].

Термостабільність молока знежиреного, молока знежиреного з регульованим ССС та напівфабрикатів на його основі визначали за алкогольною пробою [401]. Метод засновано на коагуляції білків молока під дією етилового спирту. Сутність методу полягає у додаванні водного розчину етилового спирту за різної концентрації останнього (68%, 70%, 72%, 75%) до дослідних зразків; якщо коагуляція білкової складової не відбувалася, то вважали, що системи термостабільні.

Молекулярно-масовий розподіл (ММР) розчину *AlgNa* та систем «*AlgNa - Ca_{Lact}*» вивчали за методикою [402–404] шляхом розділення речовин центрифугуванням в комбінованому градієнті густини солей NaCl і CsCl, взятих у співвідношенні (1,5:1)...(2,0:1) за постійного об'єму (12,5...13,0 мл). Дослідження проводили на препаративно-аналітичній центрифугі фірми «Веспан L-7» в роторі SW-40і з використанням розчинів солей NaCl (1,03...1,2 г/см³) і CsCl (1,37...1,6 г/см³). Використовували 6 пробірок, в одну з яких на градієнт наносили маркер (стандарт) молекулярних мас – декстрини фірми Fluka з молекулярними масами 20 тис., 40 тис., 70 тис., 110 тис., 500 тис., 1 млн., 2 млн. Криві ММР будували, відкладаючи на осі X номер фракції об'ємом 0,5 мл, по осі Y – поглинання за $\lambda = 490$ нм після визначення в пробі вуглеводів, використовуючи фенол-сірчанний метод.

Середньовагову молекулярну масу розраховували за формулою:

$$\bar{M}_m = \frac{\sum M_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.2)$$

де \bar{M}_m – середньовагова молекулярна маса

M_i – величина молекулярної маси;

n_i – масова частка речовини з даною молекулярною масою M_i , %.

Емульгуючу ємність сирно-молочних сумішей здійснювали шляхом виявлення точки інверсії фаз за методом Гурової М.Н. [405, 406]. Емульгування здійснювали на лабораторному емульсаторі зі швидкістю обертів валу

емульсіатора 50 с^{-1} . Для цього у хімічну склянку місткістю 100 см^3 уміщували зразок, що досліджується, об'ємом 10 см^3 , а потім, за допомогою лійки для розподілу додавали олію зі швидкістю $78 \dots 80$ крапель/60 с до інверсії фаз. Тип емульсії виявляли методом розбавлення. Об'єм олії, що вилився з лійки, відповідав значенню точки інверсії фаз.

Стійкість емульсій визначали, фіксуючи об'єми фаз, які відділилися після центрифугування зі швидкістю обертання ротора 25 с^{-1} протягом $5 \cdot 60$ с. Після зразок поміщали на водяну баню за температури $80 \dots 85 \text{ }^\circ\text{C}$, витримували $3 \cdot 60$ с та знову центрифугували протягом $5 \cdot 60$ с. На основі одержаних даних будували діаграми стійкості [406]. На діаграмі на осі абсцис відкладали об'єм жирової фази (у %), а на осі ординат, ліворуч і праворуч, відповідно, об'єм жирової та водної фаз, що відділилися при центрифугуванні. Лінії, проведені через точки, що були отримані під час експерименту, обмежують область фаз, які відділились (жирової та водної) і область незруйнованої емульсії.

Величину кінетичної стійкості емульсії визначали як співвідношення об'єму води, що відділилася після центрифугування, до загального об'єму емульсії за формулою:

$$C_{\text{кін}} = \frac{V_{\text{в.ф.}}}{V_{\text{ем.}}} \cdot 100, \quad (2.3)$$

де $C_{\text{кін}}$ – кінетична стійкість емульсій, %;

$V_{\text{в.ф.}}$ – об'єм водної фази, що відділилася, см^3 ;

$V_{\text{ем.}}$ – об'єм емульсії, см^3 .

Агрегативну стійкість емульсії визначали як відношення об'єму олії, що відділилася після центрифугування, до загального об'єму емульсії за формулою:

$$C_{\text{агр}} = \frac{V_{\text{ж.ф.}}}{V_{\text{ем.}}} \cdot 100, \quad (2.4)$$

де $C_{\text{агр}}$ – агрегативна стійкість емульсій, %;

$V_{\text{ж.ф.}}$ – об'єм жирової фази, що відділилася, см^3 ;

$V_{\text{ем.}}$ – об'єм емульсії, см^3 .

Загальну стійкість емульсій визначали як відношення незруйнованої

емульсії, яка зберіглася після центрифугування, до загального її об'єму за формулою:

$$C_{\text{заг.}} = \frac{V_{\text{н.ем.}}}{V_{\text{ем.}}} \cdot 100, \quad (2.5)$$

де $C_{\text{заг.}}$ – загальна стійкість емульсії, %;

$V_{\text{н.ем.}}$ – об'єм незруйнованої емульсії після центрифугування, см³;

$V_{\text{ем.}}$ – об'єм незруйнованої емульсії до центрифугування, см³.

Дослідження ІЧ-спектрів зразків проводили шляхом реєстрації спектрів поглинання в області довжини хвилі 400...450 см⁻¹ на приладі ІЧ-фур'є спектрометрі SPECTRUM ONE фірми PerkinElmer [407].

Зусилля відриву систем «AlgNa–Ca» від поверхні розчинів хлориду кальцію та альгінату натрію оцінювали за допомогою торсіонних вагів, на гачку яких закріплювали досліджувані зразки циліндричної форми за допомогою пластини з дротом. Коромисло вагів регулювали до встановлення рівноваги, при цьому показчик шкали знаходився у нульовому положенні. Плоскодонну чашу заповнювали розчином хлориду кальцію, що досліджувався, встановлювали на рухливу платформу приладу та за допомогою гвинта піднімали платформу, доки зразок та розчин хлориду кальцію не доторкнуться. У дотичному стані зразки витримували протягом 10 с, потім повільно за допомогою гвинта опускали платформу та за зовнішньою круговою шкалою реєстрували значення сили F у момент відриву. Зусилля відриву розраховували за формулою:

$$3B = \frac{F}{S}, \quad (2.6)$$

де $3B$ – зусилля відриву, Па;

F – значення сили за шкалою приладу, Н;

S – площа перетину зразка, м².

Дослідження стану вологи у зразках сиру кисломолочного здійснювали методом ядерно-магнітного резонансу (ЯМР-радіоспектроскопії) [408] на імпульсному спектрометрі з робочою частотою 16 мГц. Сутність методу полягає у явищі резонансного поглинання енергії радіочастотного поля H_1 з

наступним визволенням цієї енергії після припинення дії поля H_1 . Величина сигналу ЯМР пропорційна кількості резонуючих ядер у зразку. У даному спектрометрі ЯМР резонуючими ядрами є ядра водню – протони. Зразок розташовували у радіочастотній котушці, яка знаходиться у сталому магнітному полі H_0 . Під впливом радіочастотних імпульсів, що створюють поле H_1 , збуджується система ядерних моментів зразка і виникає відгук системи у вигляді спінової луни. Прийнятий сигнал підсилюється і після відповідного перетворення відтворюється на екрані комп'ютера з автоматичним вимірюванням його амплітуди та виведенням середнього за кількома значеннями амплітуди сигналу.

У методиці використовували метод Хана, коли на зразок дослідження діють два імпульси з інтервалом часу τ . Після їх дії у момент часу 2τ спостерігається сигнал луни, амплітуда якого визначається формулою:

$$A = A_0 \exp\left(-\frac{2\tau}{T_2}\right), \quad (2.7)$$

де A – амплітуда спінової луни, ум. од.;

τ – інтервал між зондуючими імпульсами, с;

T_2 – час спин-спінової релаксації, с;

A_0 – максимальне значення сигналу спінової луни, що визначається кількістю резонуючих ядер у зразку, ум. од.

За величиною сигналу спектрометра ЯМР для різних значень τ оцінювали стан вологи у зразку.

Термогравіметричні дослідження форм зв'язків вологи в дослідних зразках проводили на комплексному термоаналітичному пристрої – дериватографі Q1500D, за допомогою якого можна визначити кількісні зміни в зразках, що супроводжуються зменшенням ваги внаслідок видалення вологи під час термічного впливу. За допомогою чотириканального реєструвального приладу дериватографа одночасно контролювали зміни температури (T), ваги (TG), швидкості зміни ваги (DTG) та температури (DTA) дослідних зразків залежно від часу в діапазоні температури (15...180) °C за неізотермічних умов.

Дослідження здійснювали для маси наважки зразків 0,5 г за наступних режимів зняття дериватограм: чутливість гальванометра DTA – 250, гальванометра DTG – 500, гальванометра TG – 500, швидкість зміни температури нагрівання – 4 °C/60 с.

На основі кривої зміни TG , що відповідає процесу дегідратації, кривої температури T будували залежності ступеня зміни маси α від температури T . Для цього на кривій TG через кожні 5 °C знаходили зміну маси зразка, що відповідає масовій частці видаленої води за температури T , а також загальну масову частку води, яку визначили за кривою TG у кінці процесу кристалізації. Ступінь зміни маси α розраховували за формулою:

$$\alpha = \frac{\Delta m_T}{m}, \quad (2.8)$$

де α – ступінь зміни маси;

Δm_T – зміна маси зразка за температури T , 10^{-3} г;

m – загальна масова частка води, що міститься в зразку, 10^{-3} г.

Вологовиділяючу здатність ($ВВЗ$) білкових згустків визначали методом центрифугування при факторі поділу 1000 за методикою ВНІМІ [389]. Вологоутримуючу здатність сиру кисломолочного визначали гравіметричним методом, заснованим на визначенні кількості води, що виділяється з продукту при легкому пресуванні, яка вбирається фільтрувальним папером. Вологоутримуючу здатність обчислювали за формулою [409]:

$$ВУЗ = 100 - (b - c) \cdot \frac{100}{a \cdot M} \cdot 100, \quad (2.9)$$

де $ВУЗ$ – вологоутримуюча здатність, %;

a – маса наважки, г;

b – маса фільтрувального паперу після пресування та зняття з нього наважки, г;

c – маса фільтрувального паперу після пресування, зняття з нього наважки та висушування, г;

M – масова частка води в наважці, %.

Для оцінки виходу кінцевого продукту розраховували ступінь використання сухих речовин молока під час виробництва сиру кисломолочного за формулою:

$$a_c = 100 \left[C_{\text{сир}} (C_m - C_{\text{сиров}}) \right] / \left[C_m (C_{\text{сир}} - C_{\text{сиров}}) \right], \quad (2.10)$$

де a_c – ступінь використання сухих речовин молока, %;

$C_{\text{сир}}$ – масова частка сухих речовин у сирі кисломолочному, %;

C_m – масова частка сухих речовин у молоці, %;

$C_{\text{сиров}}$ – масова частка сухих речовин у сироватці, %.

Піноутворюючу здатність рецептурних сумішей визначали за формулою:

$$ПЗ = \frac{V_n}{V_p} \cdot 100, \quad (2.11)$$

де $ПЗ$ – піноутворююча здатність, %;

V_n – об'єм піни, м³;

V_p – об'єм зразка до збивання, м³.

Стійкість піни рецептурних сумішей визначали за формулою:

$$СП = \frac{B_n^{15}}{B_n} \cdot 100, \quad (2.12)$$

де $СП$ – стійкість піни, %;

B_n^{15} – висота піни після (15·60) с вистоювання, м;

B_n – початкова висота піни, м.

Збитість морозива визначали за формулою:

$$S = \frac{m_m - m}{m} \cdot 100, \quad (2.13)$$

де S – збитість морозива, %;

m_m, m – маси відповідно морозива та суміші.

Опір таненню морозива на основі напівфабрикатів визначали за допомогою спеціального пробника (діаметр 35 мм, висота 50 мм), яким відбирали зразок та поміщали в стаканчик з полімерним покриттям з отворами по краю дна для вільного стікання відталोї суміші. Опір таненню

характеризували тривалістю накопичення 10 мл суміші, отриманої при розплавленні замороженої суміші в термостаті за температури 25 °С.

Ферментативний гідроліз білків напівфабрикатів десертної продукції, з сиру кисломолочного, капсульованих визначали за методом А.А. Покровського та Є.Д. Єртанова [410]. Про ступінь перетравлення білків зразків судили по різниці між кількістю білків, які витрачено на перетравлення, та кількістю білків, які залишилися після послідовної обробки предметів дослідження пепсином і трипсином. Накопичення продуктів гідролізу визначали за кольоровою реакцією Лоурі та виражали в умовних одиницях (мкм тирозину на 1 мг білка).

2.3.3 Методи визначення структурно-механічних показників модельних систем, напівфабрикатів та готової продукції

Міцність капсул та гранул досліджували в умовах одноосного стиснення на модифікованих вагах Каргіна-Соголової шляхом вивчення зусилля руйнування [411]. Зусилля руйнування визначали як значення граничного напруження на зразок, яке спричиняє роздавлювання зразку. Для цього досліджуваний зразок поміщали на платформу, положення якої регулювали з метою приведення у дотичний стан зразку та пуансону, розважували ваги та фіксували граничне значення маси вантажу, що призводить до роздавлювання зразку. Зусилля руйнування визначали за формулою:

$$ZP = \frac{4 \cdot m \cdot g}{\pi \cdot d^2}, \quad (2.14)$$

де ZP – зусилля руйнування, Па;

m – маса вантажу, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

d – діаметр зразку, м.

Для оцінки кулеподібності капсул визначали їх коефіцієнт форми за відношенням їх максимального діаметра (d_{max}) до мінімального (d_{min}). Кулеподібними вважали капсули, коефіцієнт форми яких складав 1,0...1,1.

Товщину оболонки капсул визначали шляхом фотографування зрізів капсул під час їх проектування на екран.

Значення приросту маси капсул та кількості відділеної вологи з капсул визначали ваговим методом. Здійснювали зважування суміші для капсулювання та сформованих капсул, за відношенням різниці визначених мас до маси капсул визначали приріст маси капсул у відсотках. Кількість відділеної вологи з капсул визначали після їх витримування протягом певного терміну.

Мікроскопіювання зразків для визначення середнього діаметра жирових крапель та бульбашок повітря, а також оцінки дисперсності зразків сиру кисломолочного здійснювали за допомогою мікроскопа «Биолам Р15» з цифровою камерою-окуляром ScoreTek DCM – 130 E 1.3Mp з одержанням фотографій за допомогою програмного засобу Score Photo 3.0. Обробку даних мікрофотографій здійснювали автоматизовано за допомогою програмного засобу з відкритим вихідним кодом ImageJ 1.47.

Оцінку мікроструктури сиру кисломолочного проводили за допомогою світлового мікроскопу з цифровою фотонасадкою за збільшення $\times 40$ разів. Для приготування препаратів для мікроскопії в ступці до гомогенної маси розтирали середню пробу сиру кисломолочного. Потім 0,005 г препарату петлею рівномірно наносили на предметне скло і мікроскопіювали, випадково обираючи поля зору за всією поверхнею препарату для отримання об'єктивних, статистично достовірних результатів та фотографували.

Електронну мікроскопію зразків вивчали за допомогою растрового електронного мікроскопа Jeol (Японія). Основним інформаційним критерієм растрової електронної мікроскопії є зворотний сигнал, що отримується від взаємодії потоку заряджених частинок з поверхнею зразка, що аналізується. Поверхню зразків покривали тонким шаром (50...100 Å) золота в умовах іонного напилювання у вакуумній камері (ступінь розрідження 0,10 Па), площа зразка складала 1...2 мм². Під час мікроскопіювання використовували збільшення в 500...25000 разів.

Ефективну в'язкість зразків визначали на ротаційному віскозиметрі ВПН – 0,2М [411]. Ефективну в'язкість знаходили за формулою:

$$\eta = k \cdot U \cdot T \cdot A, \quad (2.15)$$

де η – ефективна в'язкість, Па·с;

k – константа вимірювального вузла, Па/В;

U – напруга, В;

T – період обертання, с;

A – коефіцієнт форми вимірювального вузла.

Швидкість зсуву визначали за формулою:

$$\gamma = \frac{1}{T \cdot A}, \quad (2.16)$$

де γ – швидкість зсуву, с⁻¹.

За отриманими даними будували криві течії $\eta = f(\gamma)$

Механічну міцність зразків виражали через граничну напругу зсуву (σ_0 , Па), визначення якої проводили на автоматизованому пенетрометрі Labor за температури 18...20°C [411].

Структурно-механічні властивості структурованих систем (зворотну та незворотну деформації, миттєвий модуль пружності, модуль еластичності, пластичну в'язкість) визначали за допомогою модифікованих вагів Каргіна-Соголової шляхом вивчення деформації стиснення структурованих систем під дією пуансона з тefлоновою насадкою [411]. Експериментальні дані виражали у вигляді кривих кінетики деформації (рис. 2.4).

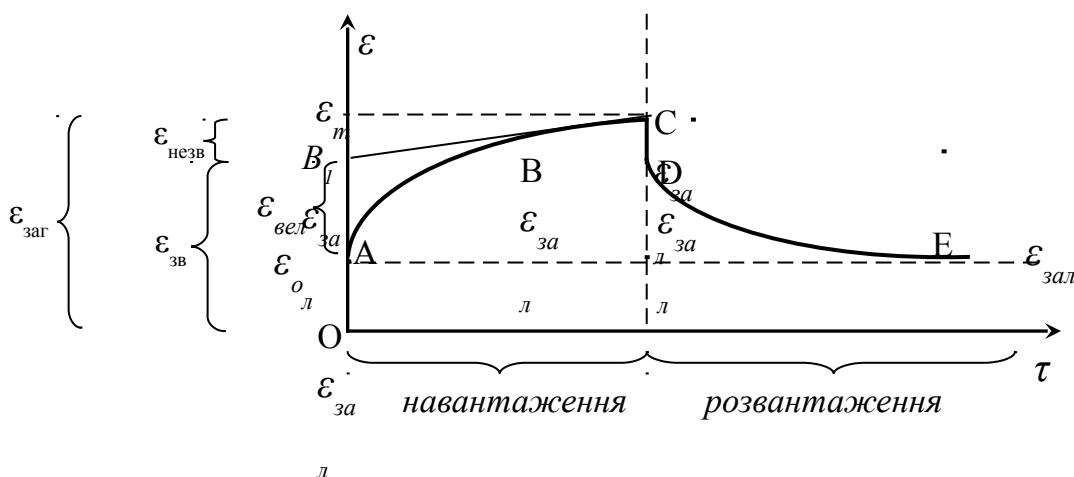


Рис. 2.4. Крива кінетики розвитку деформації зразків, що досліджували, під дією прикладеної напруги (при навантаженні та розвантаженні)

Відносну деформацію структурованих систем розраховували за формулою:

$$\varepsilon = \frac{z \cdot n}{h}, \quad (2.17)$$

де ε – деформація;

z – ціна поділок мікроскопу $z = 10^{-3}$ м;

n – кількість поділок у шкалі мікроскопу;

h – висота зразка, м.

За даними кривих відносної деформації визначали:

– миттєвий модуль пружності за формулою:

$$E_{np} = \frac{m \cdot g}{S \cdot \varepsilon_0}, \quad (2.18)$$

де E_{np} – миттєвий модуль пружності, Па;

ε_0 – умовно-миттєва деформація;

m – маса вантажу, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

S – площа перетину зразка, м²;

– модуль еластичності за формулою:

$$E_{el} = \frac{m \cdot g}{\varepsilon_{\text{вє}}}, \quad (2.19)$$

де E_{el} – модуль еластичності, Па;

$\varepsilon_{\text{вє}}$ – високоеластична деформація;

– пластичну в'язкість за формулою:

$$\eta_{nl} = \frac{(t_2 - t_1) \cdot m \cdot g}{S \cdot (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}, \quad (2.20)$$

де η_{nl} – пластична в'язкість, Па · с;

$t_2 - t_1$ – тривалість вимірювання деформації, с;

$\varepsilon_2 - \varepsilon_1$ – зміна деформації стискання за інтервал часу $t_2 - t_1$.

Розділення загальної деформації на зворотну і незворотну проводили

шляхом екстраполяції лінійної ділянки графіку $\varepsilon = f(\tau)$ на вісь ординат.

2.3.4 Методи визначення показників безпеки, умов та строків зберігання, розрахунку харчової цінності напівфабрикатів та готової продукції

Мікробіологічні показники напівфабрикатів визначали: КМАФАМ – за ГОСТ 10444.15 [412], *Staphylococcus aureus* – за ГОСТ 10444.2 [413], ГОСТ 30347 [414], бактерії роду *Salmonella* – за ДСТУ IDF 93А [415], дріжджі та плісняві гриби – за ГОСТ 10444.12 [416], БГКП – за ДСТУ 4831 [417], ДСТУ IDF 73А [418], *Listeria monocytogenes* – за ГОСТ 11290-1 [419], ГОСТ 11290-2 [420], кількість життєздатних молочнокислих бактерій – за ГОСТ 10444.11 [421].

Визначення токсичних елементів та солей важких металів у складі напівфабрикатів здійснювали за ГОСТ 30178 [422], ГОСТ 26927 [423], ГОСТ 26930 [424], ГОСТ 26931 [425], ГОСТ 26932 [426], ГОСТ 26933 [427], ГОСТ 26934 [428].

Контроль відповідності показників безпеки та вмісту харчових добавок напівфабрикатів вимогам чинної нормативної документації здійснювали за:

- Державними санітарними нормами та правилами «Медичні вимоги до якості та безпеки харчових продуктів та продовольчої сировини», затвердженими наказом МОЗ України № 1140 від 29.12.2012 р. [429];

- Державними гігієнічними правилами і нормами «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах», затвердженими наказом МОЗ України 13.05.2013 № 368 [430];

- «Мікробіологічними критеріями для встановлення показників безпеки харчових продуктів», затверджених наказом МОЗ України від 19.07.2012 р. № 548 [431];

- Державними санітарними правилами та нормами ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000 «Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони,

атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті», затверджені Постановою МОЗ України №137 від 20.09.2001 р. [432];

– Державними гігієнічними нормативами «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів 137-Cs і 90-Sr у продуктах харчування і питній воді», затвердженими наказом МОЗ України №256 від 03.05.2006 р. [433];

- ДСТУ - Н CODEX STAN 192 «Харчові добавки. Номенклатура та загальні вимоги» [434].

Обґрунтування та встановлення строків та умов зберігання нової продукції здійснювали відповідно вимог методичних вказівок МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [435].

Калорійність та енергетичну цінність продукції визначали розрахунковим методом за коефіцієнтами Атватера, прийнявши, що енергетична цінність 1 г білка дорівнює 4,0 ккал (16,7 кДж), 1 г жиру – 9,0 ккал (37,7 кДж), 1 г вуглеводів – 3,75 ккал (15,4 кДж).

2.3.5 Методи розробки нових технологій, визначення органолептичних показників напівфабрикатів та готової продукції

Органолептичну оцінку готової продукції здійснювали аналітичними методами та методом профільного аналізу [436]. Профільний метод аналізу полягає у використанні набору описових термінів (дескрипторів) для оцінювання окремих органолептичних показників продукту (запаху, консистенції, смаку тощо) за схемою: визначення характерних ознак показників, ступеня їх інтенсивності, порядку виявлення. Шляхом кількісної оцінки величини обраних дескрипторів за заданою шкалою будували профілі органолептичних показників у вигляді діаграми.

Розробку рецептур та технологій напівфабрикатів, кулінарної та кондитерської продукції на їх основі, випуск дослідно-промислових партій здійснювали відповідно методичним рекомендаціям з розробки рецептур на нові й фірмові страви (вироби) в закладах ресторанного господарства [437,

438], а також керуючись настановами ДСТУ 3946-2000 «Система розроблення і поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Основні положення» [439].

Розробку, узгодження та затвердження нормативної (ТУ) та технологічної (ТІ) документації здійснювали з урахуванням вимог ДСТУ-Н 1.3:2015 «Технічні умови України. Настави щодо розроблення» [440], СОУ 10-37:945:2013 «Харчова промисловість. Технологічна інструкція та рецептура. Порядок розроблення, узгодження, затвердження. Вимоги до змісту та оформлення» [441].

2.3.6 Програмні засоби і комп'ютерні технології, статистична обробка експериментальних даних, методи моделювання технологічних процесів та математичної обробки експериментальних даних

В межах дисертаційного дослідження реалізовано методологію системного підходу, що дозволило об'єднати різноманітні методи дослідження воедино. Вивчення технологічних систем здійснювали із застосуванням декомпозиційно-агрегативного методу, що поєднує два взаємопов'язаних процеси – аналіз (декомпозиція) та синтез (агрегування). Поєднання системного аналізу і синтезу дозволило вирішити проблему раціонального функціонування систем, підсистем, окремих елементів, установити взаємозв'язок між ними в рамках єдиної системи [442].

Для прогнозування стану системи, що досліджувалася, в умовах оптимізації параметрів об'єкта використовували математичне моделювання, зокрема, кореляційно-регресійний аналіз. Для об'єктивного судження про ступінь вірогідності одержаних даних проводили математичну обробку результатів дослідження [443]. Оцінку похибки експериментальних даних і вимірюваних величин здійснювали за методиками [444, 445]. Під час обробки результатів експериментів використовували такі статистичні критерії: перевірка однорідності дисперсії – критерій Кохрена, значимість коефіцієнтів регресії – критерій Стюдента, адекватність рівнянь – критерій Фішера. Обробку

результатів дослідження здійснювали за допомогою програмного засобу Microsoft Excel 2013, MathCAD.

2.3.7 Методи розрахунку економічної ефективності

Економічну ефективність визначали за чинними в галузі методиками розрахунку [446–448]. Відповідно специфіці обраних економічних показників (абсолютні, відносні, інтегральні) застосовано кількісні (коефіцієнтний, інтегральний), якісні (бальний, нормування), змішані (графічні, експертно-аналітичні) методи дослідження. Об'єктивність оцінки забезпечується сукупністю оціночних принципів, які являють собою обов'язкові правила оцінки. Серед загальних (властивих будь-якій системі оцінки) виділено принципи об'єктивності, адекватності, цілеспрямованості, узгодженості, системності; серед специфічних (властивих оцінці ефективності наукового дослідження за відокремленими критеріями з позиції основних стейкхолдерів) – принципи комплексності, оптимальності, статичності, несуперечності, динамічності, вибіркості.

Методику розрахунку та економічну інтерпретацію показників надано у табл. Б.1 (Додаток Б.1). Для однозначності висновків здійснено нормування показників. Для формалізованого нормування показників їх трансформовано до єдиного кількісного значення. При формалізації замість суджень про об'єкт дослідження оперують символами (формулами), які замінюють висловлювання про властивості предметів та їх зв'язків.

Висновки за розділом 2

1. В основу методології дисертаційної роботи покладено аспектний, системний та концептуальний підходи, які реалізовано в програмі теоретичних та експериментальних досліджень. Поетапний механізм поширення інновацій дозволив підпорядкування єдиній меті взаємозалежні складові системи – логічний та формальний аналіз, логічний та формальний синтез, оцінку ефективності функціонування системи. Досягнення мети дослідження

забезпечено синхронізацією циклу: фундаментальні дослідження – прикладні розробки – комерціалізація.

2. Визначено предмети та матеріали дослідження – ТРС_м, ТРС_с, ТРС_{сум}, ТРС_м з регульованим ССС, суміші сирно-молочні; системи «*AlgNa-Ca*», що виготовлені на основі розчинів *AlgNa* та Ca^{2+} , джерелом яких були кальційвміщуючі солі; напівфабрикати, одержані шляхом реалізації потенціалу лактокальцію, – десертної продукції, з сиру кисломолочного, на основі сироватки молочної капсульовані, молочні та кисломолочні капсульовані, продукти гранульовані на основі альгінату натрію та лактокальцію, кулінарна та кондитерська продукція на основі напівфабрикатів.

3. Визначено та описано методи експериментальних досліджень показників якості та безпечності сировини, модельних систем, напівфабрикатів, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію, кулінарної й кондитерської продукції на їх основі.

РОЗДІЛ 3

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

У даному розділі 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 TRC_m , обґрунтовано модель утворення альгінат-кальцієвих комплексів як передумову створення технології структурованих сфероподібних напівфабрикатів; розроблено інноваційний задум напівфабрикатів.

3.1 Теоретичні передумови виникнення потенціалу лактокальцію в технологічному потоці переробки молочної сировини

В умовах сьогодення один із шляхів задоволення попиту споживачів на якісні та корисні харчові продукти полягає в поєднанні традиційних технологічних підходів з новітніми науково-технічними досягненнями. Не є виключенням і науково-практичний напрям з переробки молока у харчові продукти та напівфабрикати, який ґрунтується на фундаментальних та прикладних дослідженнях молокопереробної галузі.

Молоко є ключовим продуктом у харчуванні людини і базовим для виробництва харчової продукції. Для забезпечення необхідних показників якості та безпечності кінцевої продукції, стабільності технологій важливим є об'єктивна інформація про молоко та молокопродукти як вихідної сировини. Особливо це відноситься до молока як сировини. У натуральному вигляді молоко являє собою систему, якій притаманні властивості рідини (щільність, в'язкість) як технологічного середовища. В той же час молоко – суміш багатьох

компонентів органічної та неорганічної природи, які знаходяться в ньому як індивідуальні хімічні сполуки та структурні елементи [449, 450]. Це обумовлює фактично всі основні технологічні властивості молока – терmostійкість, кислотостійкість, коагуляція білків та інші [451].

Стосовно розуміння значення молока у життєдіяльності людини є багато концептуальних поглядів, але здебільшого вони зводяться до наступних. По-перше, молоко є фізіологічною рідиною, і його природне призначення полягає в забезпеченні поживними речовинами новонароджених [452]. Доведено, що материнське молоко містить біологічно активні речовини, володіє імунологічними та бактерицидними властивостями.

По-друге, молоко є товарним продуктом з визначеними поживними властивостями [453]. Молоко використовується для задоволення фізіологічних потреб організму людини в основних поживних речовинах, зокрема, білках, ліпідах, вуглеводах, мінеральних речовинах та вітамінах. Технологічний процес виробництва молока питного як харчового продукту передбачає вплив на нього різних видів обробки (механічної, термічної), що певною мірою корегує його властивості. При цьому змінюються його органолептичні властивості, харчова та енергетична цінність, хімічний склад. Однак, за підвищення його споживних властивостей одночасно спостерігається зниження імунологічних.

По-третє, молоко є вихідною сировиною для одержання широкого асортименту харчових продуктів під час його переробки – напоїв кисломолочних, кефіру та йогуртів [454], сметани, сиру кисломолочного, сирів, вершків, молока сухого [455], продуктів, що володіють пробіотичними властивостями [456, 457]. Саме під час переробки молока у цільові продукти застосовують різноманітні способи технологічного впливу, які призводять до суттєвого корегування складу та властивостей молока як технологічної системи [458].

Виходячи з означених фактів, в усіх трьох випадках молоко є продуктом, який використовують для досягнення певних фізіологічних, харчових або технологічних цілей. Однак, якщо в першому випадку вплив на склад молока є небажаним та забороненим, то в другому та третьому має місце перманентне

упровадження інновацій із застосуванням різноманітних способів технологічного впливу, які суттєво корегують склад та властивості молока як технологічної системи. Разом з тим, до молока як сировини залишилося вкрай консервативне ставлення з огляду на зміну хімічного складу: й якщо збагачення молока та продуктів на його основі на різні харчові інгредієнти оцінюється позитивно, то вилучення з нього будь-яких складових (за винятком жиру, а в останні часи – лактози) потребує подолання стандартного мислення.

З огляду на зазначене доцільним є введення технологічного поняття – технологічне рідке середовище (TRC), зокрема TRC «молоко». Це дозволяє здійснити перехід від категорії «молоко сировина» до категорії TRC_м, що суттєво розширює умови структурної модифікації його властивостей за технологічних впливів, які мають обмеження за використання поняття «молоко сировина». За такого підходу виникає можливість створювати технологічні ситуації, коли TRC_м набуде нових властивостей, які дозволять його переробляти за новими принципами й одержувати інноваційні харчові продукти за складом, формою, структурою, органолептичними показниками.

За використання поняття TRC_м з'являється можливість оцінити його не за товарознавчими ознаками «молоко сировина», а за наявністю потенціалів, які не враховуються при його оцінці як сировини, в т.ч. хімічних потенціалів сольової системи, лактози, потенціалів щодо стабілізації його колоїдного стану та керованого впливу на нього. Одночасно поняття TRC_м дозволяє оцінити за цими показниками хімічний, термодинамічний, а також технологічний потенціали продуктів переробки молока, в т.ч. сироватки, казеїнового коагуляту, їх сумішей, що дуже важливо з точки зору формування нового підходу до реалізації його функціонально-технологічних властивостей, побудови високоефективних ресурсозберігаючих технологій та максимальної реалізації сировинного потенціалу.

Разом з поняттям TRC_м вважаємо за доцільне висвітлити й сутність поняття «потенціал», яке відповідно до загальноприйнятих трактувань концентрує в собі три рівні зв'язків [459–461]:

– по-перше, являє собою сукупність властивостей, які накопичено системою (TRC_m) під час її утворення: саме вони обумовлюють її здатність до функціонування та розвитку;

– по-друге, характеризує систему з точки зору використання наявних властивостей, що дозволяє провести відмінність між реалізованою і нереалізованою можливостями (у нашому випадку – перехід міцелярного лактокальцію у іонну форму);

– по-третє, орієнтований на розвиток й представляючи собою єдність стійкого і мінливого станів, потенціал містить в собі елементи майбутнього розвитку системи (у нашому випадку – потенціал іонного лактокальцію).

Якщо розглядати можливі варіанти переробки молока з врахуванням наявності в TRC_m певних потенціалів, то його, а у загальному випадку й будь-яку харчову сировину органічного походження з нативною природною якістю (експертно оцінюється за товарознавчо-технологічними властивостями) можна представити як носія харчових (поживних, енергетичних компонентів), біологічних (за хімічним складом та доступністю компонентів до метаболізму організму), технологічних (інноваційних, ресурсозберігаючих), соціально-економічних (суспільних та індивідуальних в межах певної визначеної суспільної класифікації) потенціалів. Такий підхід бачиться доцільним, оскільки TRC_m не є простою рідиною (наприклад як вода, спирт, оцет), а є природною складною системою з власною ієрархічною структурою взаємодій між елементами. Технологічна стабільність TRC_m як багатокomпонентної системи базується на наявності індивідуального потенціалу кожного елемента з одночасною рівноважною його компенсацією іншими потенціалами. Контролювати таку взаємодію дуже складно в силу лабільності TRC_m як системи до дії зовнішніх чинників, в тому числі й випадкових.

Це є важливим з огляду на створення та запровадження інновацій, в тому числі в межах міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ЗРГ». Автором не виявлено наукових досліджень, в межах яких молоко або продукти його переробки використовуються як TRC_m з певними властивостями, з яким

можливо виконувати технологічні операції з певними речовинами, що реагують на наявні хімічні, термодинамічні та інші потенціали, й здатні зрушувати високий ентальпійний чинник в ентропійний, тим самим стабілізуючи систему. Таким чином, щоб реалізувати сам потенціал, потрібно внести зміни до якісної та кількісної структури носія потенціалу. Якщо знайти ключовий елемент та змінити його у потрібному напрямку, то це може покращити властивості усього функціонального елемента з огляду на забезпечення його провідних функцій.

Під потенціалом елемента системи у загальноприйнятих трактуваннях фізики, хімії розуміється питома енергія (теплота, робота, енергія), що нормується на величину будь-якої екстенсивної властивості (маса, моль, заряд тощо). В реальній технологічній багатокомпонентній системі, якою є ТРС_м, потенціал є сумою *i*-тих потенціалів, нормованих на екстенсивну властивість:

$$P = \sum P_i, \quad (3.1)$$

де P – потенціал системи;

P_i – парціальний потенціал системи.

Виходячи з того, що із суми $\sum P_i$ обраний потенціал (наприклад, P_i) є адитивною величиною у складній системі (3.1), то в реальному технологічному процесі він може бути реалізований багатьма керованими шляхами або самочинно. Саме наявність потенціалів обумовлює стійкість системи до впливу технологічних чинників – температури, хімічних сполук тощо.

Потенціал є зрозумілою величиною, що піддають оцінюванню та вимірюванню у фізиці та органічній хімії. Переносячи це поняття на харчові продукти, в тому числі й ТРС_м, класичне уявлення про оцінювання потенціалів стикається з проблемою наявності індивідуальної структури продукту, яка оцінюється координатами (x, y, z) і є недостатньо вивченою. Оскільки у просторі виникає градієнт потенціалу, то є очевидним, що в часі він вирівнюється за певними закономірностями, що у фізиці описується теорією полів. Це призводить до зміни якості продукту, яка у харчовій технології

оцінюється не за величиною потенціалу, а іншими опосередкованими методами.

Оскільки TRC_m містить багато компонентів (елементів системи), які характеризуються вираженим хімічним потенціалом (енергія одного моля без виконання роботи), то для i -молей (елементів) його величину можна записати:

$$P_q = \sum P_i \cdot q_i, \quad (3.2)$$

де P_q – сумарний потенціал системи;

P_i – питомий потенціал i -го елемента системи;

q_i – фактична координата i -го елемента у енергетичному полі.

При цьому енергія системи за потенціалами буде описуватиметься рівнянням:

$$E_q = E_{1\dots i}(q_1, q_2 \dots q_i), \quad (3.3)$$

де E_q – енергія системи;

$E_{1\dots i}$ – парціальна енергія i -го елемента.

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 TRC_m – хімічного потенціалу), величина якого визначається станом речовин, етапом технологічного процесу й зумовлює його ефективність.

Розуміння, що в системі $P_q = \sum P_i \cdot q_i$, встановлення їх парціальної ($E_{q_i} = P_i \cdot q_i$) та сумарної (E_q) енергії дозволяє спрогнозувати різні шляхи переробки сировини. Якщо зазначити число можливих операцій з сировиною у технологічному потоці через W , то за аналогією з поняттям ентропії у фізиці можна ввести характеристику ω , яку пов'язано з W через співвідношення:

$$\omega = \ln W, \quad (3.4)$$

де ω – ступінь змін стану сировини в технологічному потоці (за умови збільшення ентропії);

$\ln W$ – спрямованість змін сировини в технологічному потоці.

З рівняння (3.4) видно, що для вихідної сировини $W=1$, $\omega=0$. Тобто, за величиною $\omega=0$ можливо оцінити, що це є саме сировина. Тоді сировина як носій зазначених властивостей має певну цінність Ω_0 , (Дж/кг – енергетична, грн/кг – економічна тощо). У випадку виявлення будь-якої інноваційної складової в технології переробки сировини її питома цінність зростає:

$$\Omega_i = \Omega_0 + k_{IKП} \ln W, \quad (3.5)$$

де Ω_i – питома цінність кінцевого продукту (Дж/кг ; грн/кг тощо);

Ω_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 призводять до керованих змін у системі ($\omega = \ln W$) за умови збільшення ентропії

Якщо припустити, що $k_{IKП} \ln W = 0$, то $\Omega_i = \Omega_0$, тоді $\Delta\Omega = \Omega_i - \Omega_0 = 0$. В цьому випадку властивості кінцевого продукту співпадають з властивостями сировини і технологічна дія є малоефективною.

Технологічну ефективність процесу може бути описано умовами:

$$\Omega_i > \Omega_0, \quad (3.6)$$

$$\Delta\Omega > 0, \quad (3.7)$$

тоді $k_{IKП} \ln W \rightarrow \max$. (3.8)

Якщо передбачити, що в основі технологічних процесів лежить закон збереження та перетворення енергії, то приріст питомої цінності $k_{IKП} \ln W$ може бути тільки за одного випадку: технологічні процеси будуть протікати за реалізації одного або декількох потенціалу, тобто сумарний потенціал системи буде витрачений (а за величиною – зменшений) на утворення питомої цінності:

$$P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i} = P \cdot q_0 - P_{W_i} \cdot q_{W_i}, \quad (3.9)$$

де $P \cdot q_0$ – початковий сумарний потенціал системи;

$P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i} - P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i}$ – потенціал трансформованої системи з питомою цінністю (Ω_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 .

З цього виходить, що

$$P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i} < P \cdot q_0. \quad (3.10)$$

Для ТРС_м, 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 – ТРС_с (вторинна сировина (вт.с.)), потенціал якої визначається як $P_{вт.с.} \cdot q_{вт.с.}$ і буде меншим за $P \cdot q_0$:

$$\frac{(m \cdot P \cdot q)_{вт.с.}}{(m_0 \cdot P \cdot q_0)_{\Omega_0}} < 1. \quad (3.11)$$

Кількісна величина технологічної енергії нової системи буде визначатися добутком маси речовини – носія на величину потенціалу. Для використання речовини з певним «дезактивованим» станом для створення нової додаткової питомої цінності згідно фізичної суті трактування величини суми потенціалів і величини потенціалу $P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i}$ до системи необхідно підвести додаткову енергію, вищу за енергію активації $E_{вт.с.}^a$ процесу і відповідно вищу, ніж енергію активації $E_{\Omega_i}^a$. З цього виходить, що питомий потенціал «вторинної сировини» є нижчим, ніж питомий потенціал вихідної сировини:

$$m_{вт.с.} \cdot P_{вт.с.} \cdot q_{вт.с.} \ll (m_{вт.с.} + m_{\Omega_i}) \cdot P \cdot q_0, \quad (3.12)$$

де $m_{вт.с.}$ – масова частка «вторинної сировини»;

m_{Ω_i} – масова частка «збагаченого компоненту»,

що узгоджується з рівняннями (3.5) та (3.9).

Логічним є проміжний висновок, що у випадку переробки ТРС_м у сир кисломолочний («збагачений компонент») потенціал сироватки («вторинна

сировина») за величиною питомого сумарного потенціалу є об'єктивно нижчим за питомий потенціал TRC_M . Але структура цього потенціалу, яка у загальному вигляді описується рівнянням (3.2), не може бути описана формулою структури для TRC_M , оскільки виникло принципово TRC_C з власною величиною та структурою потенціалів. Безумовним є те, що:

$$\sum P_{\text{вт.с.}} \cdot q_{\text{вт.с.}} < \sum P \cdot q_0, \quad (3.13)$$

оскільки частку потенціалу TRC_M вже втрачено на утворення «збагаченого компоненту» (сиру кисломолочного) з одночасним виникненням «вторинної сировини» (сироватки).

Якщо технологічно виконати умову $m_{\text{вт.с.}} + m_{0_1} = m_0$, тобто до «вторинної сировини» ($m_{\text{вт.с.}}$) додати нову партію вихідної сировини (TRC_M) з масою m_{0_1} , що дорівнює кількості видаленого «збагаченого компонента» (де m_0 – масова частка вихідної сировини, $m_{\text{вт.с.}}$ – масова частка «вторинної сировини», m_{0_1} – масова частка вихідної сировини, що дорівнює масовій частці m_{Ω_i} , тобто $m_{0_1} = m_{\Omega_i}$), то є очевидним, що за стабільних умов виникне термодинамічна рівноважна суміш, оскільки $m_{\text{вт.с.}} \cdot P_{\text{вт.с.}} + m_{0_1} \cdot P_0 < m_0 \cdot P_0$, а згідно з рівнянням

$$(3.13) - \frac{m_{\text{вт.с.}} \cdot P_{\text{вт.с.}}}{m_{\text{вт.с.}} \cdot P_{\text{вт.с.}} + m_{0_1} \cdot P_0} < \frac{m_0 \cdot P_0}{m_{\text{вт.с.}} \cdot P_{\text{вт.с.}} + m_{0_1} \cdot P_0}.$$

За ознаками це є $TRC_{\text{сум}}$, в якому існують хімічні потенціали. Згідно з рівняннями (3.10–3.13) дана система характеризуватиметься новим потенціалом, який буде складатися з окремих потенціалів її складових:

$$P_{\text{сум}} \cdot q_{\text{сум}} = P_{0_i} \cdot q_0 + (P \cdot q_0 - P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i}), \quad (3.14)$$

де $P_{\text{сум}} \cdot q_{\text{сум}}$ – питомий сумарний потенціал $TRC_{\text{сум}}$;

$P_{0_i} \cdot q_0$ – питомий потенціал TRC_M ,

$P \cdot q_0 - P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i}$ – питомий потенціал TRC_C ($P_{\text{вт.с.}} \cdot q_{\text{вт.с.}}$),

оскільки з врахуванням (3.12) для активації технологічних процесів (3.5) повинно бути прикладено значно вищу енергію активації процесу, тобто

$$E_{сум}^a > E_{\Omega_0}^a. \quad (3.15)$$

Ця суміш буде характеризуватися термодинамічною стійкістю і для виведення її із рівноваги необхідно використовувати збурюючий чинник з потенціалом енергії активації, який перевищує або дорівнює $E_{\Omega_0}^a$ (3.15).

Якщо виходити, що величина потенціалу ГРС_{сум} описується рівнянням:

$$P_{сум} \cdot q_{сум} = (m_0 \cdot P_{0_i} \cdot q_0)_{\Omega_0} + (m \cdot P \cdot q)_{вт.с.}, \quad (3.16)$$

де $m_0, m_{вт.с.}$ – масова частка (концентрація) носія потенціалу в системі;

$P_{0_i} \cdot q_0, P_{вт.с.} \cdot q_{вт.с.}$ – питома величина певного потенціалу (хімічного, технологічного тощо),

та прорахувати кількісну величину потенціалів цієї суміші, то можна стверджувати, що

$$(m \cdot P \cdot q)_{вт.с.} + (m_{0_1} \cdot P \cdot q_{0_1})_{\Omega_0} < (m_0 \cdot P \cdot q_0)_{\Omega_0} \quad (3.17)$$

або

$$\frac{(m \cdot P \cdot q)_{вт.с.} + (m_{0_1} \cdot P \cdot q_{0_1})_{\Omega_0}}{(m_0 \cdot P \cdot q_0)_{\Omega_0}} \leq 1 \Big|_{m_0 > m_{0_1}}. \quad (3.18)$$

При цьому кількість можливих операцій W з сумішшю буде більшим з врахуванням того, що для суміші характерні принципово нові потенціали $m_{сум} \cdot P_{сум} \cdot q_{сум}$, які не характерні для вихідної сировини ($m_0 \cdot P \cdot q_{0_1}$).

Але скористатися ними для організації традиційного процесу виробництва продукції без додаткових технологічних прийомів не є можливим, так як підведений додатковий потенціал, апріорі, повинен бути вищим ніж $E_{\Omega_0}^a$, що обов'язково негативно вплине на якість і стан вихідної сировини.

З нерівності (3.18) є очевидним, що у випадку, коли частка внесеної вихідної сировини m_{0_1} буде нескінченно мала ($m_{0_1} \cdot P \cdot q_{0_1} \ll m_0 \cdot P \cdot q_0$), переробляти її за традиційною технологією буде дуже складно, оскільки умовою для цього є

$$E_{\text{сум}}^a = m_0 \cdot E_{\Omega_0}^a + m_{\text{вт.с.}} \cdot E_{\text{вт.с.}}^a > E_{\Omega_0}^a. \quad (3.19)$$

З виразу слідує, що як вторинну сировину (ТРС_с), так і її суміші з вихідною сировиною (ТРС_м) за термодинамічною ознакою енергії активації переробляти не вигідно, але можливо за підвищених економічних та організаційно-виробничих витрат. Це визначає пошук пошуку нових технологічних підходів.

З технологічної точки зору це означає, що вирішення завдань можливо лише за реалізації технологічних дій, які:

– здатні внести в ТРС_м потенціал, який забезпечить умови перевищення енергії активації над величинами $E_{\text{вт.с.}}^a$ та $E_{\Omega_0}^a$;

– забезпечать розвиток ТРС_{сум} вихідної сировини та вторинної сировини» за напрямками, які можливі за умов:

$$E_{\text{сум}}^a < E_{\text{вт.с.}}^a, \quad (3.20)$$

де $E_{\text{сум}}^a$ – енергія активації перетворення суміші,

тобто за термодинамічно вигідних умов для даної ситуації («закрита» система).

Оскільки під час першого етапу трансформації речовини m_0 з енергією активації $E_{\Omega_0}^a$ вже витрачено потенціал $P \cdot q_0$, то додаткового ефективного потенціалу в системі уже не існує, тому використання другого напрямку є більш доцільним.

Нерівність (3.20) підтверджено експертним оцінюванням технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного. Процеси керованого або спонтанного сквашування ТРС_м, коли цільовим завданням є утворення казеїнового коагуляту переважно за рахунок зміщення значень величини рН системи в область, близьку до ізоелектричної точки казеїну, призводять до покращення розчинності малорозчинних кальційвміщуючих солей (носіїв лактокальцію) і переходу міцелярного лактокальцію в іонну форму, що умовно можна описати схемою:

$$[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}} - \left[\frac{H^+}{\tau} \right] \rightarrow \mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}, \quad (3.21)$$

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_м;

$C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ – концентрація іонного лактокальцію.

Такий перехід є самочинним і може та повинен розглядатися не тільки як побічний ефект зміни рН в кислу зону, а також як результат зміни енергетичних та фізико-хімічних властивостей кальційвміщуючих солей у даному середовищі.

Процес розчинення малорозчинних солей сироватки (як побічний ефект) у даній технології можна віднести до збурюючих чинників з точки зору процесу сквашування ТРС_м. Цей процес не є визначальним в технології одержання сиру кисломолочного та параметром утворення казеїнового згустку, який досягається в ізоелектричній точці казеїну. За таких умов перехід малорозчинної солі у іонний стан є побічним під час сквашування ТРС_м. З точки зору сумарного потенціалу він характеризується надлишковою величиною в перерахунку на необхідний потенціал для коагуляції казеїну. Некероване спонтанне утворення іонного лактокальцію (як однієї з форм лактокальцію) призводить до виникнення нового потенціалу в ТРС_с. Врахування та оцінювання такого потенціалу, який є надлишковим для утворення казеїнового згустку, дає можливість використовувати його в технологічних процесах, де як вихідна сировина використовується ТРС_с, у т.ч. у ТРС_{сум}, за умови, що енергія активації цього процесу буде відповідати умові його реалізації.

Процес утворення іонного лактокальцію (тобто $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$) з термодинамічної точки зору характеризується суттєвим зростанням ентропії в ТРС_м, тому зміна вільної енергії системи складає $\Delta G < 0$. Процес переходу нерозчинних солей ТРС_м у іонну форму залежно від величини рН (а точніше

значення $[H^+]$) та є процесом ентропійним за цих умов ($\Delta S > 0$). Кальційвміщуючі солі при цьому характеризуються обмеженою розчинністю ($\Delta H < T\Delta S$). Оскільки більшість солей у ТРС_м з колоїдної точки зору знаходиться у міцелярному стані, то зростання розчинності відповідає певному граничному рівню гідратації міцел за даних умов (величина рН, вид кислот, концентрація іонного лактокальцію), що, власне, й є обмеженням розчинності. У стаціонарному режимі, коли величина вільної енергії дорівнює 0, що відбувається за фіксованих значень рН, самочинного розчинення солей не відбувається (у випадку кислих значень рН – додаткового розчинення солей), що характерно для ТРС_м без внесення заквасочних культур за контрольованих параметрів або при досягненні певних значень рН і зупинення процесу сквашування. За внесення заквасочних культур у ТРС_м, вірогідно, руйнування міцел відбувається поетапно: в перший період міцела найменше гідратована і співіснує з мало концентрованим розчином іонного лактокальцію у вигляді низькоконцентрованого розчину. За зниження значень рН за рахунок зміни заряду на поверхні міцели її спорідненість з розчинником зростає. Це є причиною виникнення градієнту концентрацій лактокальцію між $[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}$ та $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$, оскільки міцелярний стан солей призводить до виникнення нерівноважної концентрації у розчиннику, коли розбавлений за вмістом лактокальцію іонний розчин співіснує з гідратованими за даних умов міцелами. За зниження рН розчинність, а значить і гідратація міцелярних солей, що є джерелом лактокальцію, зростає. Вони зменшуються у розмірах, нерівноважність концентрацій у розчиннику знижується з утворенням термодинамічно рівноважної системи іонного лактокальцію. Термодинамічно рівноважні розчини характеризуються тим, що лактокальцій в іонній формі у розчині ($\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$) має меншу величиною хімічного потенціалу, ніж у складі міцел або солей ($[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}$), тобто

$$\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}} < [\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}, \quad (3.22)$$

оскільки частину його потенціалу вже витрачено на розчинення.

За досягнення певних значень рН розчинення міцелярних солей іде самочинно ($\Delta G < 0$), оскільки виконується умова (3.21), проти іонного розчину. Тобто за існування фактичної нерівноважності за концентраціями, іон із міцели буде самочинно переходити до фази (розчинника) з меншим хімічним потенціалом. Коли настає рівновага концентрацій ($\frac{d\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}}{dc} = 0$), тобто з формальної точки зору:

$$\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}} = [\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}, \quad (3.23)$$

насичення технологічної системи іонами лактокальцію зупиняється.

З точки зору побудови технологічних процесів кінетика переходу $[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}} \rightarrow \mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ є дуже важливим технологічним чинником, оскільки це дозволить:

- корегувати інтенсивність технологічних процесів переробки ТРС_м, ТРС_с, ТРС_{сум};

- обрати напрями переробки ТРС_м, ТРС_с, ТРС_{сум} залежно від співвідношення $\frac{\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}}{[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}}$ в системі;

- спрогнозувати глибину переробки ТРС_м за нормування величини

$\frac{\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}}{[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}}$ та забезпечити сталі характеристики цього продукту.

Одночасно при цьому виникає новий стан обмеженої розчинності солей, який буде відповідати мінімальному рівню гідратації міцел за даних умов, а значить і спорідненості його з розчинником.

Зростання концентрації іонного лактокальцію у розчиннику проявляється у виникненні їх власного «гідратного екрану», з одного боку, за одночасної дегідратації міцел, з другого боку, оскільки значна частина ОН-груп

розчинника переорієнтовується на гідратацію іонів з утворенням «гідратних шарів». Це знижує спорідненість міцел з розчинником та подальшу розчинність солі у розчиннику і, навпаки, підвищує величину енергії активації зворотного процесу, тобто переходу іонів лактокальцію у міцелярний стан. Цей проміжний теоретичний висновок є дуже важливим з точки зору розвитку нових технологій переробки ТРС_м та дозволяє параметрувати накопичення іонного лактокальцію під час сквашування.

Таким чином, вторинним ефектом процесу сквашування ТРС_м є суттєве зростання потенціалу іонного лактокальцію, який в загальному вигляді для системи ТРС_с буде мати вигляд:

$$P_{Ca_{Lact}^{2+}} = \mu_{Ca_{Lact}^{2+}} \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}, \quad (3.24)$$

де $P_{Ca_{Lact}^{2+}}$ – потенціал іонного лактокальцію;

$C_{Ca^{2+}}$ – молярна концентрації іонного лактокальцію в системі.

За умови змішування ТРС_м з ТРС_с, тобто виконання умови (3.14), вплив сумарного концентраційного потенціалу іонного лактокальцію на колоїдний стан ТРС_м буде підпорядковано та описуватися рівнянням Гіббса-Гельмгольца:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S, \quad (3.25)$$

де ΔG – зміна вільної енергії, кДж/моль;

ΔH – зміна ентальпії, кДж/моль;

ΔS – зміна ентропії, кДж/моль.

У зв'язку з тим, що величини ΔG та ΔH для багатьох хімічних реакцій у природних процесах є величинами близькими за значенням, то для ТРС_{сум} значення ΔS є зворотно пропорційними температурі. Тому, якщо ТРС_{сум} не нагрівати (тобто не вносити температурний потенціал), збереження її упорядкованості ($\Delta S < 0$) призведе до $-T \cdot \Delta S$ і певної колоїдної стабільності системи.

Є очевидним, що порівняння значень ентропії ТРС_с та ТРС_м у суміші свідчить про значно більший рівень ентропії ТРС_с по відношенню до ТРС_м. Ця різниця буде зростати зі зростанням молярної концентрації іонного

лактокальцію (3.24). Тому є очевидним, що у технологічно стабільному стані $TPC_{\text{сум}}$ довго перебувати не буде, і для такої системи необхідно обґрунтування технологічних рішень, що здатні знизити вплив потенціалу $\mu_{Ca^{2+}} \cdot C_{Ca^{2+}}$ на стабільність TPC_m , $TPC_{\text{сум}}$.

Наведені теоретичні дослідження дозволяють стверджувати, що TPC_m , TPC_c та $TPC_{\text{сум}}$ можуть бути використано як технологічне рідке середовище зі зрозумілими прорахованими величинами $P \cdot q_0$, $P_{\text{вт.с.}} \cdot q_{\text{вт.с.}}$, $P_{\text{сум.}} \cdot q_{\text{сум.}}$, ΔH та ΔS , у яких або з якими можливо виконувати нові технологічні операції, наприклад, з речовинами, які реагують на виявлені хімічні (з технологічної точки зору – на технологічні) потенціали та здатні зрушити новий високий ентальпійний чинник $TPC_{\text{сум}}$ або TPC_c за потенціалом іонного лактокальцію у ентропійний. На цьому принципі можуть бути організовані технологічні процеси одержання принципово нових за властивостями та формою продуктів та забезпечено їх стабільність.

3.2 Теоретичне дослідження та феноменологічна модель динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію у складі технологічного рідкого середовища «молоко»

З точки зору концептуальних поглядів на значення молока у харчуванні людини під час постановки досліджень у автора є принципова позиція, сутність якої зводиться до того, що використання молока як технологічного рідкого середовища для трансформації харчових компонентів не повинно змінювати його харчову та біологічну цінності. Як речовина-модифікатор стану TPC_m може бути використано його компоненти у вигляді «вторинної сировини» (сироватки) або «збагаченого компоненту» (сир кисломолочний). Додавання їх у TPC_m суттєво впливатиме на його ентальпійний або ентропійний чинники (термостійкість, теплоємність), і надаватиме TPC_m додаткових властивостей, які можуть бути реалізовані у нових технологічних процесах.

Необхідно розуміти, що виявлений в ТРС_м будь-який потенціал (3.1) є квазівеличиною, оскільки внаслідок його складу (містить як індивідуальні хімічні сполуки, так й структурні елементи), перебігу біохімічних та мікробіологічних процесів достатньо складно зафіксувати і утримати його у стані, що описується рівнянням:

$$P = const, \quad (3.26)$$

$$\frac{dP}{d\tau} = 0, \quad (3.27)$$

де P – виявлений потенціал.

Вищезначене є причиною динамічних змін властивостей ТРС_м у часі, високої чутливості до окремих збурюючих зовнішніх чинників, що в практичній діяльності призводить до одержання харчової продукції з певними відхиленнями від задекларованого рівня якості навіть за суворо контрольованих технологічних параметрів. Спонтанний «запуск» неконтрольованих і малозначущих процесів за впливу зовнішнього середовища на певних етапах технологічного процесу переробки на окремі елементи ТРС_м є причиною того, що в багатьох стандартизованих технологічних процесах технічні характеристики кінцевих продуктів суттєво відхиляються від нормованих величин. Ці відхилення є більш значущими, коли часові інтервали переробки ТРС_м є тривалими (продлонгованими). Особливо це є визначальним в технологічних процесах виробництва продуктів кисломолочних.

З розумінням того, що молоко є харчовим продуктом, склад якого змінювати небажано, а в багатьох випадках заборонено, прийнято рішення керувати потенціалами ТРС_м, використовуючи принципи міжфазної взаємодії. Для ТРС_м реалізацію міжфазної взаємодії можливо досягти шляхом використання селективних іонообмінних смол (іонітів). Але даний спосіб має суттєвий недолік, який полягає в наступному. Іонообмінна смола не є харчовим продуктом і сорбовані на її поверхні іони солей із харчових систем є фактично втраченими для харчових цілей. Наслідком використання іонітів є зміна іонного складу, корегування функціонально-технологічних (зниження кислотності,

підвищення термостійкості) та функціонально-фізіологічних (перетравлюваність білків) властивостей молочної сировини. Однак, разом з цим використання потенціалу самих іонів не уявляється можливим; іонообмінні процеси супроводжуються утворенням нових хімічних сполук, які видаляються з іонітів під час регенерації. Такий підхід не дозволяє перевести технологію переробки молока з «відкритої» у «закриту» систему і знизити вплив на нього зовнішніх некерованих чинників, а значить й забезпечити більш стабільні умови його переробки.

Принцип міжфазної взаємодії полягає в тому, що речовина-модифікатор є акцептором певних потенціалів й здатна зменшувати їх неконтрольований вплив на TPC_M . Речовина-модифікатор під час внесення її до TPC_M завжди знаходиться у стані відокремленої фази (по відношенню до TPC_M) та може бути повністю вилучена із системи за допомогою спеціальних технологічних прийомів. При цьому, знаходячись у TPC_M у стані відокремленої фази з певним рівнем інтактності, речовина-модифікатор та TPC_M характеризується певним матеріальним та енергетичним обміном, який є причиною зниження потенціалів TPC_M .

За цих умов одночасно забезпечується кероване формоутворення речовини-модифікатора (в нашому випадку – альгінату натрію). Це є наслідком реалізації потенціалу іонного лактокальцію TPC_M , яке виявляється в утворенні принципово нових структурованих сфероподібних напівфабрикатів – гранульованих та капсульованих. При цьому одночасно зменшується хімічний потенціал TPC_M , що й призводить до його стабілізації і перетворення згідно (3.5).

Таким чином, що під час переробки TPC_M змінюються термодинамічні величини ΔG , ΔH та ΔS як результат зміни потенціалу $P \cdot q_0$, що призводить до зміни питомої цінності вихідної сировини (Ω_0). Тому для забезпечення ефективності технологічного процесу (3.6) утворені продукти характеризуються новими властивостями або новим термодинамічним станом, що описується рівнянням:

$$P_{\Omega_i} \cdot q_{\Omega_i} = \frac{P \cdot q_0 - P_{W_i} \cdot q_{W_i}}{P \cdot q_0}, \quad (3.28)$$

який можливо і потрібно охарактеризувати певною фізичною величиною. Безумовно, для такої складної за станом та структурою системи як ТРС_м існує багато показників, за допомогою яких можна контролювати перехід стану Ω_o (за потенціалом $P \cdot q_0$) до стану Ω_i (3.5). Для процесів, які пов'язано з одержанням кисломолочних продуктів, найбільш доцільним є відслідковування потенціалів, величини $\mu_{Ca^{2+}_{Lact}} \cdot C_{Ca^{2+}_{Lact}}$ та $[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}$, як за абсолютним вмістом,

так і за їх співвідношенням $\frac{\mu_{Ca^{2+}_{Lact}}^0 \cdot C_{Ca^{2+}_{Lact}}}{[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}}$.

Обґрунтуємо ці твердження й аналітично доведемо такий підхід. Очевидно, що разом з білками ТРС_м найбільш чутливими до зміни рН є кальцій-фосфатні солі, зокрема, колоїдний фосфат лактокальцію, який у ТРС_м знаходиться у вигляді колоїдно-дисперсної фази; саме він приймає участь в утворенні структури казеїнових міцел. Прогнозовану чутливість сольової колоїдно-дисперсної фази порівняно з білковою складовою продиктовано відносно низькими їх молекулярними масами (М.м. $(CaHPO_4)_n = n136,0$, М.м. $[Ca(H_2PO_4)_2]_n = n234,02$) та буферною ємністю як величиною резистентності до зміни властивостей рідкого середовища (розчинника), яке за ознаками є істинним розчином. Для порівняння М.м. казеїну заходиться в інтервалі 20000... 100000 Да [97–99].

Для молока сирого достатньою умовою стабільності може бути стабільність його колоїдних комплексів. Серед колоїдних комплексів ТРС_м найбільш вираженою піддатливістю до руйнування будуть визначатися ті, що характеризуються вираженою чутливістю до змін значень рН. У свою чергу значення рН будуть залежати від інтенсивності біохімічних процесів, зокрема, ферментативного гідролізу, що призведе до зміни стану сольової системи ТРС_м (3.21).

Виходячи з передумов технологічної стабільності ТРС_м (рис. 3.1), яку у практичній діяльності контролюють за кислотністю (16...17 °Т), що відповідає значенню рН в інтервалі 6,7...6,8), з колоїдної точки зору її можна записати як рівність кінетичних коефіцієнтів, що поблизу стану рівноваги описують швидкість перебігу процесів масообміну, дисоціації та (або) перетворення хімічних сполук $[k] = c^{-1}$:

$$k_1 = k_2 \quad (3.29)$$

$$k_3 = k_4 \quad (3.30)$$

де k_1 – кінетичний коефіцієнт, який характеризує процес перетворення колоїдних комплексів у істинний іонний розчин;

k_2 – кінетичний коефіцієнт, який характеризує процес перетворення іонів з істинного розчину у колоїдні комплекси;

k_3 – кінетичний коефіцієнт, який характеризує процес переходу іонів з істинного розчину в малорозчинні кальційвміщуючі солі;

k_4 – кінетичний коефіцієнт, який характеризує процес переходу малорозчинних кальційвміщуючих солей у істинний іонний розчин.

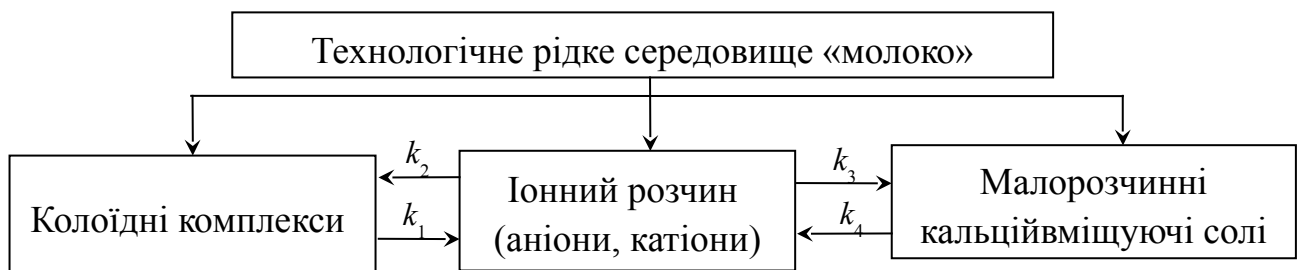


Рис. 3.1. Схема можливих перетворень ТРС_м в технологічному потоці

Традиційно технологію переробки ТРС_м спрямовано на стабілізацію його властивостей (на рис. 3.1 – це стабільність колоїдних комплексів солей ТРС_м, що відповідає $k_2 > k_1$) або реалізацію технологічних процесів, які в загальному вигляді описуються кінетичними коефіцієнтами k_3 та k_4 (з умов, що $k_4 > k_3$), результатом яких є одержання широкого асортименту молочних, кисломолочних та інших видів продуктів.

Для оцінки термодинамічних (вільна енергія, поверхнева енергія, хімічний потенціал) потенціалів TPC_M , TPC_c та $TPC_{сум}$ важливо записати у формальному вигляді умови перетворень в межах ланцюга TPC_M – продукт кисломолочний – TPC_c , що дозволить:

- визначити умови стабільності TPC_M ;
- оптимізувати технологічні процеси, які пов'язано зі TPC_M та молочних продуктів шляхом керування кінетичною рівновагою, яка оцінюється за величинами коефіцієнтів k_1, k_2, k_3, k_4 ;
- інтенсифікувати процеси одержання кисломолочних продуктів за рахунок впливів на технологічні процеси шляхом зсуву співвідношення вагомості коефіцієнтів (попарно) k_1, k_2 та k_3, k_4 ;
- розробити принципово нові технології переробки TPC_M за рахунок керованого формування потенціалів в ланцюзі TPC_M – продукт кисломолочний – TPC_c , які згідно (3.1) змінюють величину або визначають стабільність коефіцієнтів $k_1 \dots k_4$.

З розуміння того, що масова концентрація розчинних солей у TPC_M відносно низька, а більшість з них знаходиться у нерозчинному або малорозчинному стані ($C_{(Ca_{Lact})_m}$), то формальний запис стабільності TPC_M за умови $C_{Ca_{Lact}^{2+}} = const$ можна описати рівнянням:

$$C_{(Ca_{Lact})_m} + C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 1, \quad (3.31)$$

або

$$[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}} + \mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 1. \quad (3.32)$$

Зрозуміло, що стабільність TPC_M може бути описано й іншими формальними виразами, але з загальновідомої інформації про роль лактокальцію у стабільності TPC_M цей вираз є найбільш зручним.

Дійсно, такий формальний запис стану молока сирого (рН=6,6...6,8) є справедливим, оскільки за аналітичними даними на частку $C_{(Ca_{Lact})_m}$ припадає

близько 90,0...96,0 мас.% (у перерахунку на загальний лактокальцій), а діапазон вмісту $C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ складає 4,0...10,0 мас.%.

Виходячи з рівнянь (3.31), (3.32) та рис. 3.1, умовою термодинамічної рівноваги та стабільності TPC_M є:

$$C_{(Ca_{Lact})_m} = 1 \quad (3.33)$$

$$C_{Ca_{Lact}^{2+}} \rightarrow 0 \quad \left. \vphantom{C_{Ca_{Lact}^{2+}}} \right\} k_2 \gg k_1 \quad (3.34)$$

оскільки тільки іонний лактокальцій володіє хімічним потенціалом, а умов розчинення кальційвмісних колоїдів у TPC_M не існує. Тоді відповідно до рівняння 3.33 необхідно, щоб:

$$k_2=1, k_3=1, \quad (3.35)$$

$$k_1=0, k_4=0. \quad (3.36)$$

Для забезпечення стабільності TPC_M (при ігноруванні інших умов), тобто для досягнення стану, що описується (3.33), та реалізації умови (3.31), необхідним є виведення іонного лактокальцію із TPC_M . Можна спрогнозувати, що практична реалізація умови (3.33) буде призводити до стабілізації властивостей TPC_M і повністю описувати стан стабільності TPC_M і продуктів на його основі.

За концепцією роботи для досягнення стану, що описується рівнянням (3.33), із стану (3.31) технологічний процес повинно бути організовано таким чином, щоб наявний потенціал іонного лактокальцію $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}} \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ і потенціал солей $[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}}$ було використано для керованого технологічного процесу з одержанням нової харчової продукції. Виконання умов, що описуються (3.33), (3.34), може бути реалізовано при видаленні Ca_{Lact}^{2+} із TPC_M , тоді за умови (3.34) ефективність технологічної стабілізації суттєво зростає.

Для TPC_M рівняння (3.33) та (3.34) відповідають максимальній величині ентропії та хімічній пасивності технологічної системи (за час спостереження), оскільки умовний хімічний потенціал такої системи за виконання рівняння (3.34) практично дорівнює нулю. Під час сквашування TPC_M (без врахування

природи цього процесу) до рН 4,3...5,5, а також зниження рН значно нижче цих значень виникають умови:

$$k_1 \gg k_2, \quad (3.37)$$

$$k_4 \gg k_3. \quad (3.38)$$

Це забезпечує максимальний (в ідеалі – повний) перехід міцелярного лактокальцію (рис. 3.1) у істинний іонний стан (3.21). Накопичення іонного лактокальцію порушує хімічну стабільність ТРС_м, а зростання їх концентрації під дією самочинно діючих потенціалів ($[H^+] \rightarrow \max$) або збурюючи та керуючих чинників здатне суттєво змінити як загальні властивості ТРС_м як системи, так й призвести до порушення колоїдної рівноваги, що відбиватиметься за зміни коефіцієнтів $k_1 \dots k_4$.

Є зрозумілим, що це трактування викладено у загальному вигляді, оскільки для різних колоїдних кальційвміщуючих солей в реальному процесі необхідно підбирати характерні умови розчинення. При цьому спостерігаються нові умови термодинамічної рівноваги, які за вмістом іонного лактокальцію можуть бути описані виразом:

$$C_{Ca_{Lact}^{2+}} \rightarrow \max. \quad (3.39)$$

З врахуванням виразу (3.31) при повному гідролізі кальційвміщуючих солей справедливим є вираз:

$$1 - C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 0. \quad (3.40)$$

Тоді:

$$k_4 = 1, \quad (3.41)$$

$$k_3 = 0. \quad (3.42)$$

Перехід системи зі стану, що описується рівняннями (3.33–3.36), у стан (3.39–3.42), є певним розвитком системи, який іде самочинно або під дією керуючих чинників, а з хімічної точки зору є хімічною реакцією з накопиченням іонів, в т.ч. іонів лактокальцію і може проходити лише за умови, коли:

$$k_1 \cdot k_4 \gg k_2 \cdot k_3. \quad (3.43)$$

Такі хімічні процеси є термодинамічно витратними і протікають лише за наявності енергетичних потенціалів в системі. Такими потенціалами у ТРС_м володіють лише вуглеводи, оскільки під час гідролізу 1 молю глюкози (лактози) до кислот вивільняється 47,0 кДж енергії.

Рівняння (3.40) є умовою термодинамічної стабільності кисломолочної продукції, оскільки під час сквашування молока покращуються умови розчинності міцелярного лактокальцію, який є складовими протеїдів ТРС_м або малорозчинних кальційвміщуючих солей. Безумовно, абсолютне значення цього виразу є гіпотетичною величиною, оскільки як умови розчинності, так і характеристика розчинника для різних колоїдних субстанцій ТРС_м будуть носити селективний характер та значення. Але, розуміючи, що цей вираз відповідає умові позитивного приросту ентропії (самочинного прагнення рівноваги) системи, і з врахуванням, що кожний окремий вид кисломолочної продукції характеризується індивідуальними органолептичними (за кислотністю, складом) та фізико-хімічними (рН, мінеральний склад, ступень гідролізу) характеристиками, можна стверджувати, що вираз:

$$0 \leq 1 - C_{Ca^{2+}_{Lact}} \leq 1 \quad (3.44)$$

може бути прийнятий як формальний запис виникнення *i*-го кисломолочного продукту.

Наведену систему формальних виразів, яку описано виразами (3.31), (3.40) та (3.44), в сукупності з технологічними цілями може бути прийнято як основу для прогнозування рівня якості кисломолочного продукту, а після його одержання – визначення умов та параметрів його стабілізації в технологічному потоці.

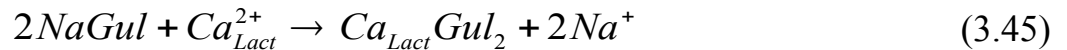
Рівняння (3.31), (3.40) та (3.44) одночасно як математична система можуть розглядатися як феноменологічна характеристика станів ТРС_м в технологічному потоці його переробки у кисломолочні продукти [462]. Є очевидним, що стан продукту, який описується (3.44), може бути одержано

трансформацією ТРС_м з характеристиками відповідно (3.31) традиційними способами переробки або ж змішуванням ТРС_м (3.31) з трансформованою системою, яка відповідає умовам (3.40) у визначених парціальних кількостях. Це значить, що кисломолочний продукт принципово можливо одержати із ТРС_м більш інтенсивним способом, наприклад, розбавленням його ТРС_с, стан якого описується рівнянням (3.40) у співвідношеннях, які забезпечують виникнення стану (3.44) – єдиного і характерного тільки для даного виду продукту за умови, що відомі характеристики продукту описуються рівнянням (3.44). Особливо такий підхід буде ефективним для виробництва м'яких сирів, оскільки додавання у ТРС_м ТРС_с зі станом відповідно рівнянню (3.40), фактично збагачує ТРС_м на потенціал іонного лактокальцію і не буде суттєво впливати на хімічний склад готової продукції.

Є зрозумілим, що ТРС_с або ТРС_{сум} не містить потенціалів, які б могли виступати як компенсуючий чинник потенціалу $\mu_{Ca^{2+}_{Lact}} \cdot C_{Ca^{2+}_{Lact}}$. Зниження концентрації Ca^{2+}_{Lact} може бути досягнуто введенням в систему додаткових аніонних речовин-модифікаторів, здатних зв'язувати надлишок іонів лактокальцію. Але принциповою вимогою до цього процесу є відповідність енергії активації та константи швидкості реакції відповідно рівняння Ареніуса. За цих умов речовина-модифікатор повинна мати величину енергії активації сорбції іонів лактокальцію нижчу, ніж енергія активація процесу солеутворення (цих же іонів з аніонами). За цих умов ТРС_м, ТРС_с, ТРС_{сум} будуть збіднюватися за вмістом Ca^{2+}_{Lact} .

З технологічної точки зору однією з вимог до речовини-модифікатору є виникнення миттєвої неспорідненості новоутвореної речовини з розчинником після завершення процесу сорбції, що дозволяє видалити її з ТРС_м. Так, відповідно до сформульованих вимог речовини-модифікатора Ca^{2+}_{Lact} може бути альгінат натрію [463, 464], у вигляді розчину певної концентрації з сумарним аніонним потенціалом $\mu_{Alg^-} \cdot C_{Alg^-}$ (де μ_{Alg^-} – хімічний потенціал моля альгілату

натрію, C_{Alg^-} – концентрація альгінату натрію у розчині) з виникненням транс-орієнтованих один до одного полімерних ланок хелатних комплексів:



проти теоретично вірогідної



оскільки тепловий ефект екзотермічної реакції (3.45) перевищує ΔH реакції (3.46) на 330 кДж/моль.

Дозоване введення розчину альгінату натрію в ТРС_м, ТРС_с, ТРС_{сум} або навпаки призведе до зниження реального рівня ентальпії нової системи за рахунок компенсації потенціалів $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}} - \mu_{Alg^-} \cdot C_{Alg^-}$ з виникненням нової фази альгінату кальцію. Блочна структура з G-блоками альгінату натрію робить його енергетично вигідним (тепловий ефект вищезначеної реакції заміщення за аналізом результатів колориметрії складає 62,2 кДж), оскільки вона перетворює G-блочний участок в «енергетичний маскон» і забезпечує дифузійний спрямований рух Ca_{Lact}^{2+} в бік альгінату натрію з виникненням неспорідненої з ТРС_м нової упорядкованої термодинамічно рівноважної системи. За цих умов зниження значень ентальпії (по відношенню до ТРС_м) у ТРС_{сум} за рахунок суттєвого зниження добутку $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ призведе до зменшення дестабілізуючого чинника на колоїдну стабільність молока.

У ТРС_м, ТРС_с або ТРС_{сум} зменшення концентрації іонів лактокальцію відбувається скачкоподібно, тобто величина потенціалу іонного лактокальцію суттєво зменшується, тим самим зменшуючи кількісну величину потенціалу системи вцілому. Теоретично можна передбачити, що за певних умов, тобто за умови $C_{Ca_{Lact}^{2+}} \rightarrow 0$ у ТРС_{сум} величина загального потенціалу буде визначатися тільки ТРС_м, яке внесено у цю суміш.

У той же час за певного технічного оснащення можливо створити ситуацію, коли акцептор іонів лактокальцію у вигляді розчину альгінату натрію

буде утворювати оболонку навколо TPC_c або $TPC_{сум}$, які екструдуються в розчин у крапельному режимі. При цьому різні за складом TPC можуть бути інкапсульовані у альгінат-кальцієву оболонку за рахунок реалізації потенціалів іонів лактокальцію та альгінату натрію. Таким чином, можуть бути створені принципово нові форми харчового продукту (TPC_c , TPC_m або $TPC_{сум}$ інкапсульоване в альгінат-кальцієву оболонку) та сформовані нові умови для його переробки, оскільки «відкриту» систему TPC у стані капсули буде перетворено у «закриту» систему TPC капсульоване.

Принциповим є те, що на даній стадії розвитку системи завершаються фазові перетворення з досягненням міжфазової рівноваги. Але з врахуванням того, що інтенсивність донорно-акцепторних взаємодій на рівні «інкапсулянт-оболонка» побудовано на різниці концентрацій, то обов'язково у середовищі інкапсулянту буде зберігатися частка Ca_{Lact}^{2+} , концентрацію якого можна розрахувати за акцепторною ємністю альгінату натрію. Тому загальна величина ентропії інкапсулянту буде величиною позитивною, що визначатиме певний вплив на його стабільність.

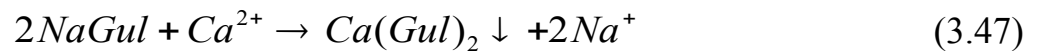
Сформульований підхід є принципово новим в технології переробки TPC , оскільки за обґрунтованих станів TPC_m та TPC_c (3.31), (3.40), (3.44) вони можуть бути використані як вихідне TPC для одержання структурованих сфероподібних продуктів у стані суцільного гелю на основі альгінату натрію, або виконувати роль інкапсулянту під час одержання капсульованих систем.

Є очевидним, що технологічна можливість одночасного корегування властивостей TPC_m (3.34), тобто перехід зі стану, що описується (3.31), у стан (3.33), а також реалізація хімічних потенціалів іонного лактокальцію (вирази (3.40), (3.44)) шляхом зв'язування його альгінатом натрію, здатного утворювати відокремлену фазу у формі сфероподібного продукту, залежить від виду та величини потенціалу TPC , що використовується.

Альгінат натрію у стані розчину повною мірою відповідає вимогам речовини-модифікатора, введення якого до TPC в дозованому (крапельному) режимі (або навпаки) дозволить одержувати гранульовані (або капсульовані)

харчові продукти. Але виникнення фізичних станів «гранула» або «капсула» залежить від станів ТРС, у якому вони перербувають, та способу введення.

Формоутворення як результат реакції описується виразом:



й залежить повною мірою від потенціалу системи за вимогою донорських властивостей Ca_{Lact}^{2+} , тобто добутку $\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$, що згідно рівняння Аренуса в реальному технологічному процесі визначає константу швидкості реакції. В технологічних процесах важливим є не тільки факт протікання реакції, а й достатня кількість реагентів у системі. Особливо це важливо під час реалізації процесів капсулоутворення, де роль лактокальцію зводиться не тільки до функції блокуючого електроліту, а й «будівельного» матеріалу, оскільки тільки за необхідної його концентрації відбувається нарощування стінки капсули. Виходить це із суті кооперативного процесу, який для альгінату натрію порівнюють з «застібанням блискавки», коли спочатку G-блок однієї молекули альгінату натрію зв'язується з аналогічним блоком іншої молекули альгінату натрію за безпосередньої участі іонного лактокальцію, що запускає процес зшивки участків ланцюгів наступними катіонами. Але це можливо лише за достатньої кількості катіонів.

При утворенні зшитих участків альгінату натрію втрачається значна кількість водневих зв'язків, що забезпечували спорідненість з молекулами розчинника. За високого потенціалу іонного лактокальцію гідрофобізація *AlgNa* буде стрімко зростати з втратою спорідненості його з розчинником, що призведе до деформації ланцюгів макромолекул. Система починає упорядковуватися ($\Delta S < 0$), а $\Delta H_{Ca_{Lact}(Gul)_2}$ і ΔG спрямовуються у бік позитивних величин. За певної концентрації Ca_{Lact}^{2+} при обґрунтованій концентрації альгінату натрію (при умові вмісту у ньому не менше 20...25% G-блоків) взаємодія полімерів альгінату натрію з розчинником стає енергетично не вигідною і за рахунок зростання сил гідрофобності молекули альгінату

формується у замкнуті енергетично вигідні просторові структури, якими є капсули. Саме цей факт може бути покладено в основу формування капсул і переводу «відкритої» системи TPC_c та $TPC_{сум}$ в «напівзакриту».

На перших етапах товщина стінки капсули близька до мономолекулярної та є механічно нестійкою. За умови, що у інкапсульованій частині капсульного простору існує градієнт концентрації за вмістом лактокальцію по відношенню до стінок капсули, тобто концентраційна нерівноважність, виникає дифузія іонів лактокальцію у бік стінки і через неї, що є технологічною умовою одержання капсульованих систем з заданими властивостями. Тому концентрація лактокальцію в інкапсулянті є ключовим параметром протікання технологічних процесів за участі TPC_c та $TPC_{сум}$, і лише за певної її концентрації в інкапсулянті отримується можливість одержання капсульованих продуктів.

Згідно даних [100–120] лактокальцій у молоці міститься у казеїнаткальцій фосфатному комплексі та малорозчинних кальційвміщуючих солях. Доведемо, що переважно ефективними донорами іонного лактокальцію є малорозчинні кальційвміщуючі солі. Переважна більшість досліджень [113–115] стверджує, що функціонально-технологічні властивості TPC_m більшою мірою корелюють з таким показником як значення рН. У TPC_m переважно більша кількість лактокальцію знаходяться у зв'язаному стані (3.33). При цьому за умови $\frac{d\mu}{dc} = 0$, обмін лактокальцію колоїдного та іонного фактично за умов стабільного стану міцел не відбувається ($k_1 = k_2$). У зв'язку з цим, не дивлячись на достатньо велику масову частку іонного лактокальцію, TPC_m не може бути використане для реалізації процесу капсулоутворення, оскільки кінетика накопичення іонів лактокальцію буде малодинамічною, а умов для розчинення міцелярного лактокальцію не існує.

Розглянемо модель цього процесу, виходячи з трьох основних положень (теорій): Ван-дер-ваальсовські комплекси, кластерофільна взаємодія білків з водою, термодинаміка та будова розчинів електролітів. За [462] молекулярно-

кінетична теорія не в змозі точно передбачити зміну величини вільної енергії Гіббса, отже має обмеження під час опису біохімічних та біологічних процесів, в яких міжмолекулярна взаємодія відіграє головну роль. Це положення повною мірою можна віднести і до ТРС_м, яке, по суті, є продуктом видільної системи (молочних залоз) та призначено природою тільки для вигодовування потомства.

Слід відмітити, що існування фізико-хімічних комплексів обмежено рамками енергій зв'язку:

$$60 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} > E_{\text{зв}} > 2,5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}, \quad (3.48)$$

де $E_{\text{зв}}$ – енергія зв'язку, кДж/моль.

При цьому нижня межа відповідає тепловому руху молекул за технологічних температур, а верхня – хімічним реакціям з утворенням нових молекул (речовин). В середині даного діапазону Ван-дер-ваальсовська (електромагнітна, квантова) взаємодія виявляється суттєвою. Дійсно, якщо взаємодію молекул представити залежно від відстані r між ними, то вийде:

$$E_{\text{зв}} \sim \frac{1}{r} + \frac{1}{r^2} + \dots + \frac{1}{r^n}, \quad (3.49)$$

де r – відстань між молекулами, що взаємодіють.

Видно, що за $n > 2$ внесок мультипольної взаємодії дуже малий, але не є нульовим. Звідси виникає велика кількість варіантів утворення міжмолекулярних комплексів, що забезпечують існування структур з локальним мінімумом вільної енергії. При цьому слід відмітити, що відповідно до кулонівських сил, індукційні та дисперсійні сили – це тільки сили притягування, тобто саме ті, що й відповідають за утворення сферичної структури. Виходячи з цього ТРС_м, точніше його технологічні властивості, без всякого сумніву повинні відповідати теорії утворення Ван-дер-ваальсовських комплексів. При цьому важливу роль в міжмолекулярній взаємодії відіграє поляризуємість молекул, а відповідно, їх атомний (хімічний) склад, розміри та діелектрична проникність середовища, в якому вони знаходяться.

Значну частину молекул ТРС_м представлено білками. Білок як високомолекулярне з'єднання має нерівномірне розподілення електричного заряду, а його складові мають різну спорідненість з розчинником. Тому його поляризуємість (за сталого хімічного складу) фактично постійна та визначається взаємним розташуванням заряджених активних груп, а також розмірами та просторовою конфігурацією. Здатність білка до сольватації обумовлює існування достатньо стійкої молекули, яка існує в межах енергій зв'язку. Динамічна поведінка білків в водному середовищі, як доведено дослідженнями, визначається двома основними чинниками: сорбована вода (гідратна оболонка) та кластери води всередині білкових порожнин [466].

Як встановлено, час кореляції молекул «кластерної» води відрізняються на 6 порядків: для чистої води $\tau_c = 10^{-10} \dots 10^{-12}$ с; для кластерної – $\tau_c \geq 10^{-6}$ с. Низьку здатність кластерів води як розчинника пов'язано зі зниженням діелектричної проникності. При цьому приріст ентальпії ΔH та ентропії ΔS є від'ємним:

$$\Delta H < 0; \quad \Delta S < 0. \quad (3.50)$$

Локальний мінімум енергії Гіббса $dG = 0$ ($\delta G > 0$) пов'язано з тим, що ентропія змінюється на більшу величину, ніж ентальпія (теплоємність). В результаті вода утворює кооперативну систему з порожниною білку, тривалість життя якої визначається геометрією, стабільністю поверхні порожнини та зовнішніми чинниками (температура, рН, іонна сила тощо), а енергія кластерофільної взаємодії – рівнянням:

$$G_{кл} = G - G^*, \quad (3.51)$$

де $G_{кл}$ – енергія кластерофільної взаємодії, Дж/моль;

G, G^* – потенціал Гіббса чистої та кластерної води, Дж/моль.

Вираз (3.51) вказує на суттєву роль іонів, які можуть бути мобілізовані всередині білкових молекул, тому що, з одного боку, вони впливають на впорядкованість кластерної структури, а, з іншого, – самі солі у такій воді мають меншу константу дисоціації. Ці два протилежних ефекти повинні прийти до рівноважного стану. Як відмічено в [467], поведінка електролітів в розчинах

з низькою діелектричною проникністю та за достатньо високої концентрації призводить до утворення як іонно-парних комплексів, що нагадують багатоядерні структури, так і їх агрегатів. В цьому випадку як «ідеальний розчин» слід розглядати розчин таких агрегатів. З визначених положень випливає, що міцели ТРС_м є Ван-дер-ваальсовськими кластерофільними структурами з іонно-парними комплексами, що є дисперсною фазою (наряду з жировими шариками) в водному розчині цукрів, високомолекулярних та мінеральних речовин. Надлишковий електричний заряд міцел перешкоджає їх агрегації.

Таким чином, міцели є дисперсною фазою у ТРС_м, розміри яких достатньо однорідні ($d=90\dots300$ нм) й ведуть себе як броунівські часточки зі змоченою поверхнею розділу. При цьому міцелярний лактокальцій, який є структурною частиною міцели, за відсутності керованого впливу практично недоступний до хімічних реакцій, що унеможливує капсулоутворення, яке пов'язано з вираженою хімічною кінетикою процесу.

Ці дані свідчать, що, не зважаючи на те, що казеїни молока містять достатню кількість лактокальцію, його доступність завдяки особливостям структурних одиниць ТРС_м є мінімальною для хімічних реакцій. Тож відповідно проведених аналітичних досліджень хімічна взаємодія між лактокальцієм та *AlgNa* перш за все буде відбуватися за рахунок лактокальцію, що входить до складу малорозчинних кальційвміщуючих солей, надалі – лактокальцію, що входить до складу міцел. Такий розвиток системи дозволить реалізувати нові технологічні підходи з одержанням структурованих сфероподібних напівфабрикатів, але за умови перевищення кінетики накопичення іонного лактокальцію над кінетикою його зв'язування під час гелеутворення.

3.3 Кінетика утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів як передумова обґрунтування параметрів технологічного процесу одержання структурованих сфероподібних напівфабрикатів

З даних підрозділу 3.2 видно, що стан лактокальцію (іонна форма, міцелярна форма) TRC_m суттєво залежить від значень рН системи. З точки зору побудови принципово нових технологій переробки молока важливо мати інформацію про кінетику перетворень міцелярного лактокальцію у іонний з метою забезпечення структуроутворення альгінату натрію. Технологічний процес переробки TRC_m , TRC_c , $TRC_{сум}$ може характеризуватися трьома випадками:

- дефіцит іонів лактокальцію у TRC_m та, як наслідок, малодинамічний процес утворення альгінат-кальцієвих з'єднань;
- надлишок іонів лактокальцію у TRC_c та, як наслідок, висока кінетика утворення альгінат-кальцієвих сполук;
- кероване створення технологічних сумішей $TRC_{сум}$ з заданим вмістом іонного лактокальцію та прогнозованою кінетикою утворення альгінат-кальцієвих сполук.

Розглянемо та проаналізуємо кінетику процесу перетворення альгінату натрію, особливістю якого є дефіцит Ca_{Lact}^{2+} , тобто вміст Ca_{Lact}^{2+} є лімітованим (3.31), що характерно для TRC_m . Одночасно відсутня можливість підвищити його концентрацію скачкоподібно (без застосування спеціальних заходів).

Джерелом іонів лактокальцію для реакції взаємодії з альгінатом натрію у даному випадку є кальційвміщуючі солі, а також наявний Ca_{Lact}^{2+} , концентрація якого мізерно мала для капсулоутворення, але відповідає умові «концентрація» для проходження реакції заміщення. Це виходить з об'єктивної передумови за співвідношенням мас реагуючих компонентів, тобто законом діючих мас, згідно якого швидкість реакції прямопропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин, що в загальному вигляді може бути записано для системи іонів розчинів альгінату натрію та солей лактокальцію:

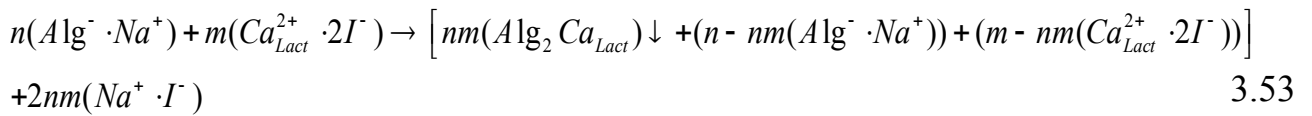
$$V = k \cdot C_{Alg^-}^n \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}^m \quad (3.52)$$

де k – константа швидкості реакції;

$C_{Alg^-}^n, C_{Ca_{Lact}^{2+}}^m$ – концентрації вихідних компонентів;

m, n – стехіометричні коефіцієнти.

Запишемо реакцію взаємодії альгінату натрію з іонами лактокальцію у ТРС_м, ТРС_с або ТРС_{сум} (за значень рН вище 6,0) у загальному вигляді:



де $[nm(Alg_2 Ca_{Lact}) \downarrow + n - nm(Alg^- \cdot Na^+) \cdot m - nm(Ca_{Lact}^{2+} \cdot 2I^-)]$ – склад гелю альгінату кальцію за діючих концентрацій $[AlgNa]$ та розчинного $[Ca_{Lact}^{2+} \cdot 2I^-]$; (3.54)

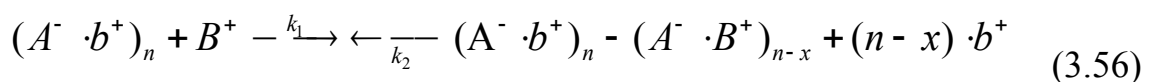
I^- – аніони солей ТРС_м.

Утворення гелів з таким складом можливо за рахунок протікання реакції кооперативного типу лише за умов значень рН ТРС_м близьких до 7,0, що забезпечує практично абсолютну розчинність альгінату натрію, тобто



Співвідношення компонентів у правій частині виразу виходить із поняття молекулярності розчину, тобто від молекулярних концентрацій речовин. Виходячи з фактичного складу мінеральних речовин за розчинністю, можна передбачити, що частка $nm(Alg_2 Ca_{Lact}) \downarrow$ в ТРС_м буде незначною, оскільки концентрація Ca_{Lact}^{2+} – єдиного учасника, який в ТРС_м здатен до блокування альгінату натрію, є відносно незначною (орієнтовно 4,0...10,0 мг%), а відносна концентрація альгінату натрію у системі – є надлишкова.

Тоді (за значень рН молока, близьких до нейтральних) з врахуванням даних рис. 3.1 та виразів (3.29), (3.30) є очевидним, що запис процесу гелеутворення (утворення відокремленої гелеподібної фази) для альгінату натрію з абсолютною розчинністю за дефіциту Ca_{Lact}^{2+} можна представити у загальному вигляді:



де $(A^- \cdot b^+)_n$ – n -на концентрація альгілату натрію у системі;

B^+ – наявний у ТРС_м іонний лактокальцій за визначеного протиіона;

$(A^- \cdot b^+)_n - (A^- \cdot B^+)_{n-x}$ – надлишок альгілату натрію у системі.

Аналіз виразу (3.56) свідчить, що за розвитку системи «ТРС_м – розчин альгілату натрію» колоїдна стабільність ТРС_м може бути технологічно керованою у бік її підвищення, а наявність буферної сорбційної ємності у формі надлишку альгілату натрію $(A^- \cdot b^+)_n - (A^- \cdot B^+)_{n-x}$ є певним стабілізуючим чинником, який як мінімум забезпечує рівність (3.29), а за фактичним потенціалом – рівності (3.35) та (3.36).

Але аналіз виразу (3.56) свідчить, що у правій частині рівняння відсутній надлишок іонів лактокальцію (B^+), що унеможливує його дифузю до речовини $(A^- \cdot b^+)_n$ згідно з законом Фіка, а протікання реакції, що описується (3.56), характеризується як сорбційний ефект речовини $(A^- \cdot b^+)_n$ за сорбційною ємністю. Тому перехід $(A^- \cdot b^+)_n \rightarrow (A^- \cdot B^+)_{n-x}$ буде малодинамічним і практично не буде залежати від концентрації альгілату натрію, а буде залежати лише від концентрації іонів лактокальцію B^+ у системі.

За наявності у ТРС_м відносно низької концентрації Ca_{Lact}^{2+} є очевидним, що процес, який описується виразом (3.56), буде мало динамічним і майже не підлягає інтенсифікації за умови забезпечення стабільної величини значення рН ТРС_м. У технологічному плані інтенсифікація цього процесу можлива тільки за рахунок збільшення поверхні обміну іонами, тому введення альгілату натрію у формі крапель-куль з технологічно мінімальним діаметром, що є обґрунтованим та доцільним.

Проаналізуємо і оцінимо можливість одержання нових харчових форм «гранула» та «капсула» або в ТРС_м, або з використанням ТРС_м як рецептурної складової інкапсулянту з врахуванням здатності альгілату натрію до гелеутворення.

Гелеутворення, тобто виникнення стану $nm(\text{Alg}_2 \text{Ca}_{Lact}) \downarrow$, з утворенням фізичної поверхні розділу у вигляді куль можливе лише за умови утворення певних концентраційних кількостей гелю та певної кінетики процесу, що згідно закону діючих мас описується поняттям молекулярність розчину. Оцінити ефект виникнення гелів альгінату кальцію при використанні у технологічному потоці TPC_m як джерела Ca_{Lact}^{2+} , можливо за добутком трьох величин-характеристик, а саме:

C_{AlgNa} – молекулярна концентрація альгінату натрію як концентраційної умови виникнення гелю за характеристикою концентраційна гель-точка;

$C_{\text{ГК}}$ – вміст (масова концентрація) гулурунової кислоти у складі альгінату натрію. Цей показник дозволяє свідомо зробити підбір акцептору, оскільки $\frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{МК}}}$, тобто співвідношення масових часток α -L-гулурунової та β -D-манурунової кислот у складі альгінової кислоти визначають його здатність до гелеутворення.

За умови $[C_{\text{МК}}] \gg [C_{\text{ГК}}]$ гелеутворення проходити не буде ($\chi = \frac{C_{\text{ГК}}^{2+}}{C_{\text{ГК}}}$ – ступень реалізації реакції кооперативного типу, за яким оцінюють кількісні величини завершеності реакції (3.53)).

За умови, що

$$\chi \approx 0, \quad (3.57)$$

система характеризується як розчин альгінату натрію;

за умови, що

$$\chi = 0,1 \dots 0,3, \quad (3.58)$$

система характеризується як загущена система зі складом згідно виразу (3.54);

за умови, що

$$\chi = 0,4 \dots 0,6, \quad (3.59)$$

система характеризується як гель (альгінат кальцію), що забезпечує комплексоутворення зі складом системи $nm(\text{Alg}_2 \text{Ca}_{Lact}) \downarrow$ у переважній масовій концентрації.

З врахуванням кінетики процесу та порядку хімічної реакції, яка дорівнює сумі показників ступенів за концентрацією вихідних речовин в рівнянні (3.52), для сфероподібної структури краплі кінетичний процес капсулоутворення можна об'єктивно виразити із закону діючих мас:

$$-\frac{d[\text{Alg Na}]}{d\tau} = \frac{d[\text{Alg}_2 \text{Ca}_{Lact}]}{d\tau} = k \cdot [\text{Alg}^-] \cdot [\text{Ca}_{Lact}^{2+}]. \quad (3.60)$$

З врахуванням наведеного за невідомої концентрації лактокальцію, вираз (3.60) набуває вигляду:

$$-\frac{d[\text{Alg Na}]}{d\tau} = \frac{d[\text{Alg}_2 \text{Ca}_{Lact}]}{d\tau} = k \cdot [\text{Alg}^-] \cdot \left[C_{\text{Alg}^-} \cdot C_{\text{ГК}} \cdot \frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{МК}}} \cdot \chi \right], \quad (3.61)$$

де

$$[\text{Ca}_{Lact}^{2+}] = C_{\text{Alg}^-} \cdot C_{\text{ГК}} \cdot \frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{МК}}} \cdot \chi. \quad (3.62)$$

Рівняння (3.61) визначає мінімальну концентрацію іонів лактокальцію для забезпечення капсулоутворення за умови (3.58) для альгінату з визначеною концентрацією гулурунової кислоти $C_{\text{ГК}}$ та її співвідношення до мануронової кислоти у складі альгінової кислоти $\frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{МК}}}$, та ступенем заміщення χ .

Практичний сенс виразу $\chi = \frac{C_{\text{ГК}}^{2+}}{C_{\text{ГК}}}$ зводиться фактично до виникнення випадку, що описується виразом (3.59), тобто величини $\chi = 0,4 \dots 0,6$. Розуміючи, що залишки гулурунової кислоти складають лише частину структури молекули альгінату натрію, але вони відповідають за гелеутворення, тобто фактично виникає ситуація, коли:

$$\chi = \frac{C_{\text{ГК}}^{2+}}{C_{\text{ГК}}} = [\text{Alg}_2 \text{Ca}_{Lact}]. \quad (3.63)$$

З врахуванням зазначеного вираз (3.63) можна записати як:

$$-\frac{d[\text{Alg Na}]}{d\tau} = k \cdot [\text{Alg}^-] \cdot \left[C_{\text{Alg}^-} \cdot C_{\text{ГК}} \cdot \frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{МК}}} \cdot [\text{Alg}_2 \text{Ca}_{Lact}] \right]. \quad (3.64)$$

Звідси:

$$[Alg_2 Ca_{Lact}] = - \frac{k \cdot [Alg^-] \cdot \left[\frac{C_{Alg^-} \cdot C_{ГК}}{C_{МК}} \right]}{d[Alg Na]} \quad (3.65)$$

Аналіз рівняння (3.64) свідчить, що коли одним із компонентів системи є ТРС_м з низьким вмістом іонного лактокальцію (4...10 мг%), молекулярна концентрація якого не відповідає умові (3.63), а при вилученні його із ТРС_м надлишком альгінату натрію вона не компенсується донорською активністю джерел лактокальцію за відсутності умов активації процесів гідролізу малорозчинних солей ТРС_м. При цьому капсулювання як процес не є можливим, оскільки $\chi \approx 0$. Це також може означати, що в ТРС_м відсутні умови гідролізу солей, а швидкість гідролізу за реальних умов є низькою. Оскільки процеси, які описуються виразами (3.21), (3.24) як обов'язковою умовою для розчинення нерозчинних та малорозчинних форм лактокальцію у ТРС_м, відсутні, то швидкість перетворення $AlgNa$ в Alg_2Ca_{Lact} ($\chi \rightarrow max$) буде дуже низькою, що виключає можливість реалізації процесу формування капсул. В цьому випадку кінетичне рівняння перетворень альгінату натрію може бути описане виразом (3.64). Є очевидним, що у цьому випадку швидкість вивільнення Ca_{Lact}^{2+} є величиною постійною за умови, що $V \rightarrow 0$. Тому швидкість перетворення альгінату натрію $-\frac{d[Alg Na]}{d\tau}$ буде повністю залежати від темпів накопичення Ca_{Lact}^{2+} .

За умови $V \rightarrow 0$ добуток (права частина рівняння (3.64)) буде величиною малою за рахунок незначної величини концентрації альгінату натрію, а також інших співмножників і практично не буде залежати від концентрації альгінату натрію, що вноситься в систему. Тому технологічною інтерпретацією рівняння (3.60), як об'єктивною умовою прогнозування процесу капсулоутворення є

висновок про неможливість реалізації цього процесу при використанні як формуючого середовища ТРС_м.

В той же час ТРС_м може бути використано для малодинамічного процесу одержання суцільних (за структурою) гелів альгілату натрію, наприклад, у формі гранул у зв'язку з тим, що концентрація іонів лактокальцію на рівні 4,0... 10,0 мг% є достатньою для формування відокремленої фази гелю альгілату кальцію під час екструзії у ТРС_м крапель альгілату натрію. За певний технологічний час у малодинамічному режимі масопереносу іонів лактокальцію у відокремлену фазу альгілату натрію пройде формування ізотропного гелю альгілату кальцію. Одночасно буде зростати величина ентропії у ТРС_м за рахунок виконання умов, що описуються виразами (3.33), (3.34), що, вірогідно, призведе до колоїдної стабілізації ТРС_м.

Із аналізу рівняння (3.65) є очевидним, що капсулоутворення, тобто накопичення $nm(\text{Alg}_2 \text{Ca}_{\text{Lact}}) \downarrow$ за значень рН ТРС_м близьких до 7,0 не є можливим, оскільки технологічний процес прямопропорційно залежить тільки від концентрації $\text{Ca}_{\text{Lact}}^{2+}$, тобто $C_{\text{Alg}^-} \cdot C_{\text{ГК}} \cdot \frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{МК}}} \cdot \chi$; та зворотно пропорційний концентрації альгілату натрію та швидкості його перетворень.

Тому забезпечення капсулоутворення за даних умов залежить від реалізації технологічних заходів, які спрямовано на збагачення системи іонним лактокальцієм, джерелом якого можуть бути зовнішні джерела або малорозчинні солі ТРС_м.

Виявлено, що зміна колоїдного стану лактокальцію визначається як аналітичний факт стану його свіжості, що покладено в основу рекомендацій переробки молока сирого. Аналітично визначено, що цей показник не використовується як ключовий параметр для обґрунтування принципово нових технологій, в тому числі технології капсульованих молочних продуктів.

Автором не виявлено фундаментальних досліджень про джерела $\text{Ca}_{\text{Lact}}^{2+}$ та його донорів за різних значень рН в інтервалі $4,0 < \text{pH} < 7,0$ та не встановлено механізми блокування донорських властивостей казеїнаткальцій фосфатного

комплексу у присутності різних за розчинністю солей, а також цих же солей у присутності казеїнів. Узагальнюючи наведені аналітичні дані, можна констатувати, що TRC_m володіє вираженим потенціалом для перетворення альгінату натрію за схемою «золь – гель перехід», але формоутворення капсул можливе лише за наявності умов (3.39–3.420, реалізованих в алгоритмі обґрунтованого технологічного процесу. В інших випадках TRC_m може бути використане для реалізації процесу гранулоутворення.

Розвиток TRC_m у бік накопичення Ca_{Lact}^{2+} та зсуву рН середовища у кислому зону можна вважати закінченим, оскільки джерел потенціалу такого розвитку у цій системі практично не існує, термодинамічна характеристика цього стану описується рівняннями (3.26), (3.27).

Аналіз цих рівнянь свідчить, що TRC_m закінчило свій розвиток, так як сумарний потенціал відповідає мінімуму і знаходиться у «енергетичній ямі». Це ще раз підтверджує факт, що перехід від стану (3.31) ($C_{(Ca_{Lact})_m} + C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 1$) до стану (3.40) ($1 - C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 0$) є термодинамічно витратним (підрозділ 3.2). При цьому «відкрита» система TRC_m трансформується у TRC_c , а новий хімічний потенціал Ca_{Lact}^{2+} ($\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$) буде ефективним у процесах з меншим рівнем енергії активації хімічних процесів. Використання такого потенціалу можливо за реалізації термодинамічно (енергетично) вигідних технологічних процесів та з врахуванням молекулярної концентрації Ca_{Lact}^{2+} (вирази (3.52), (3.53)).

Такі випадки (згідно (3.16), (3.24)) технологічно прогнозовані і пов'язано з використанням Ca_{Lact}^{2+} TRC_c в технологіях, коли TRC_c є інкапсулянт. Якщо з процесової точки зору TRC_c надати функції інкапсулянту, а розчину альгінату натрію – функції неперервного прийомного середовища, у яке буде подаватися інкапсулянт у крапельному режимі, то процес утворення гелю альгінату кальцію у вигляді оболонки може бути покладено в основу принципово нового енергетично вигідного технологічного процесу одержання капсульованих харчових продуктів на основі TRC_c . Його функціональна роль в

цьому процесі полягає у тому, TPC_c є активним донором Ca_{Lact}^{2+} , що природним шляхом накопичувалися в процесі трансформації TPC_m у TPC_c під час сквашування. Є очевидним, що технологічним розширенням другого випадку є використання сироватки як джерела Ca_{Lact}^{2+} у суміші з іншими харчовими системами, наприклад з TPC_m .

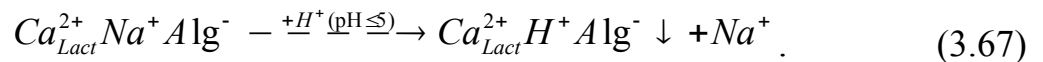
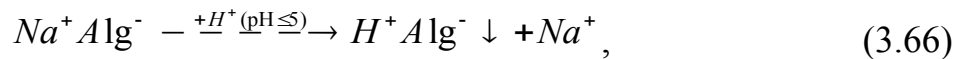
Це є принципово новим трактуванням, оскільки купажування TPC_m і TPC_c з виникненням нового $\text{TPC}_{\text{сум}}$ з необхідним рівнем концентрації Ca_{Lact}^{2+} , з одного боку, не вплине на колоїдну стабільність TPC_m , а, з іншого, – фактично збагачує $\text{TPC}_{\text{сум}}$ високоефективним потенціалом Ca_{Lact}^{2+} , що дозволить ефективно реалізувати процес його капсулювання. Це відкриває принципово нові можливості у переробці TPC_m , а саме його капсулювання без зміни колоїдного стану з утворенням продуктів з високою якістю і новими технологічними властивостями.

З системної точки зору «відкритої» технологічну систему TPC_m фактично стає можливим перевести у «напівзакриту», а за певних технологічних впливів у «закриту» систему $\text{TPC}_{\text{сум}}$ у капсульованій формі, а значить і зі зменшеним впливом збурюючих чинників, тобто з підвищеною керованістю технологічних процесів.

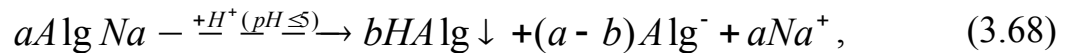
Якщо трактування про необхідність переходу системи із стану (3.31) ($C_{(Ca_{Lact})_m} + C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 1$) до стану (3.40) ($1 - C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 0$), тобто сквашування молока як енергетично витратного процесу, розглянути і порівняти з $\text{TPC}_{\text{сум}}$, то є очевидним, що переробка останнього у кисломолочний продукт є більш енергетично вигідною, оскільки в останній не здійснюється робота на накопичення Ca_{Lact}^{2+} , а ефективно використовується вже їх накопичений потенціал. Це означає, що для одержання кисломолочних продуктів вона є більш термодинамічно і технологічно вигідною, потребує меншого технологічного часу, зсуває матеріальний баланс у бік збереження вуглеводів молока (лактоза, галактоза, глюкоза), що, вірогідно, призведе до покращення органолептичних показників та харчової цінності продуктів.

Розглянемо розвиток системи «AlgNa – ТРС_c» за умови (3.40). З точки зору аналізу станів солей за цієї умови можна вважати, що в системі за низьких значень рН існують умови максимального (до повного) розчинення міцелярного лактокальцію (3.21). З врахування цього можна вважати, що в системі існує концентраційний надлишок Ca_{Lact}^{2+} . В той же час у системі існує створена розвитком системи висока концентрація протиіонів у формі аніонів.

Одночасно потрібно враховувати, що за низьких значень рН частина розчинного альгінату натрію та неповно заміщеного $NaCa_{Lact}Alg$ може утворювати кислотний гель $H^+ \cdot Alg^-$ за схемою:

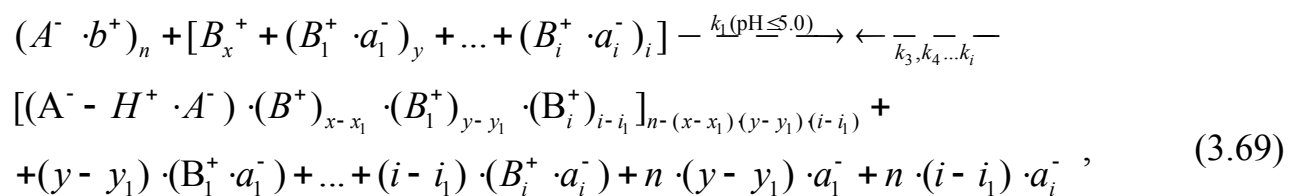


В інтервалі $4,0 < pH < 6,0$ склад гелю буде інший, оскільки за таких значень середовища можливий стан:



де $H Alg \downarrow$ – малорозчинна альгінова кислота у формі кислого гелю.

За кількісної компенсації альгінової кислоти у формі кислих гелів можна записати для системи «AlgNa – ТРС_c»:



де $H^+ \cdot A^-$ – кислий гель альгінової кислоти;

$(y-y_1) \cdot (B_1^+ \cdot a_1^-) + \dots + (i-i_1) \cdot (B_i^+ \cdot a_i^-)$ – надлишок Ca_{Lact}^{2+} із різних міцелярних форм солей сироватки;

$n \cdot (y-y_1) \cdot a_1^- + n \cdot (i-i_1) \cdot a_i^-$ – протиіони лактокальцію із солей $(B_1^+ \cdot a_1^-)_y + \dots + (B_i^+ \cdot a_i^-)_i$.

Із аналізу рівняння (3.69) є очевидним, що за рахунок надлишку Ca_{Lact}^{2+} у кількостях $(y - y_1) \cdot (B_1^+ \cdot a_1^-) + \dots + (i - i_1) \cdot (B_i^+ \cdot a_i^-)$ ТРС_c може використовуватися для одержання капсульованих систем не тільки самостійно, а й у складі ТРС_{сум}.

Одночасно технологічно є зрозумілим, що перенесення Ca_{Lact}^{2+} в зону контакту з альгінатом натрію забезпечується дифузією згідно закону Фіка. З цього виходить, що постійно повинен бути концентраційний градієнт Ca_{Lact}^{2+} , не зважаючи на його кількість, що зв'язано з альгінатом кальцію згідно (3.53).

Під час контрольованого сквашування ТРС_м проходять зміни відповідно (3.39), які перетворюють його, на систему, яка описується станами (3.39), (3.40), (3.44) [468]. З врахуванням особливостей технологічного процесу, а також складу та властивостей ТРС_м, у якому йде процес сквашування під дією заквасочних культур, проаналізовано можливість реалізації процесу капсулоутворення для організації нових технологічних процесів. Розглянемо випадок станів ТРС_м, які відповідають рівнянням (3.39), (3.40), (3.44) як системи для капсулоутворення. Аналіз проводили із передумов:

- в системі (інкапсулянті) є достатня за концентрацією кількість Ca_{Lact}^{2+} для капсулоутворення по відношенню до концентрації альгінату натрію в прийомному середовищі;
- концентрація Ca_{Lact}^{2+} в прийомному середовищі не знижується за внесення інкапсулянту;
- значення рН інкапсулянту таке, що в момент контакту з прийомним середовищем кислий гель $HAAlg \downarrow$ виникає зі швидкістю значно меншою, ніж $гель(Alg_2 Ca_{Lact}) \downarrow$.

Аналіз проводили, виходячи із умов перетворення розчину альгінату натрію, в який крапельно водиться інкапсулянт. Виходячи з закону збереження мас та концентрації Ca_{Lact}^{2+} у ТРС_м, рівняння кінетики перетворення альгінату

натрію в загальному вигляді описується виразом (3.60), а під дією збиткових концентрацій лактокальцію, виходячи з рівняння (3.52) – рівнянням (3.70).

$$-\frac{d[AlgNa]}{d\tau} = \frac{d[Alg_2Ca_{Lact}]}{d\tau} = k \cdot V^{1/2} \cdot [Alg^-] \cdot \frac{[C_{Lact}^{2+}]}{[C_{Lact}^{2+}] + k[Alg^-]}, \quad (3.70)$$

де V – швидкість реакції, що залежить від порядку реакції, тобто суми показників ступенів за концентрації вихідних речовин в рівнянні (70).

Такий запис є закономірним, оскільки концентрація є надлишковою, а введення альгінату натрію – це технологічний параметр, що також не є обмеженим. Відповідно концентрація лактокальцію не може миттєво корегуватися технологічними параметрами.

Сенс співвідношення $\frac{[C_{Lact}^{2+}]}{[C_{Lact}^{2+}] + k[Alg^-]}$ зводиться до того, що він характеризує ступінь перетворення альгінату натрію, що залежить від швидкості $-\frac{d[AlgNa]}{d\tau}$ за визначеної концентрації Ca_{Lact}^{2+} .

Оскільки швидкість V у рівнянні (3.52) відноситься до всього періоду перебігу технологічного процесу, який характеризується на різних стадіях вираженими відхиленнями від середньої \bar{V} , то це рівняння справедливе лише для умови $V=const$. У ТРС_м (з точки зору накопичення Ca_{Lact}^{2+}) процес є малодинамічним, і, характеризуючи швидкість, більш справедливим є вираз $V \rightarrow 0$. Тому за цих умов для визначення середньої швидкості усього технологічного процесу необхідно розрахувати інтеграл:

$$\bar{V}_{(Ca_{Lact})_m \rightarrow Ca_{Lact}^{2+}} = \frac{1}{\tau_n} \int_0^{\tau_n} V(\tau) \cdot dt, \quad (3.71)$$

де $\bar{V}_{(Ca_{Lact})_m \rightarrow Ca_{Lact}^{2+}}$ – середня швидкість переходу лактокальцію з міцелярного у іонний стан;

τ_n – повний час перебігу процесу накопичення іонного лактокальцію із міцелярного.

Аналіз рівняння (3.71) свідчить, що за низької концентрації Ca_{Lact}^{2+} , що характерно для ТРС_м (тобто в період лінійного накопичення Ca_{Lact}^{2+} за відсутності в системі кислот, а також за надлишку в системі альгінату натрію), умов для накопичення $(Alg_2 Ca_{Lact}) \downarrow$ не існує, так як зміна концентрацій Ca_{Lact}^{2+} для ТРС_м

$$\frac{d[Ca_{Lact}^{2+}]}{d\tau} = 0. \text{ Тому:}$$

$$- \frac{d[Ca_{Lact}^{2+}]}{d\tau} = \frac{d[Alg_2 Ca_{Lact}]}{d\tau} \approx 0. \quad (3.72)$$

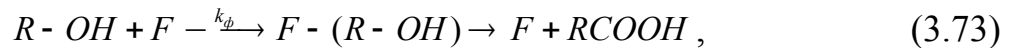
Це означає, що гіпотетично в початковий період додавання ТРС_м в альгінат натрію (за любых концентрацій альгінату натрію) швидкість накопичення Ca_{Lact}^{2+} в ТРС_м буде дорівнювати швидкості його зв'язування і, навіть, за умови $[Alg Na] \gg [Ca_{Lact}^{2+}]$ не призведе до капсулоутворення.

Проаналізуємо випадки динамічного накопичення Ca_{Lact}^{2+} та ситуації, коли стан системи інкапсулянт відповідає умовам (3.39), (3.40) і ці умови створено або попередньою контрольованою технологічною дією (наприклад, сквашуванням), або змішуванням ТРС зі станом (3.31) та (3.39) з виникненням прогнозованої за концентрацію Ca_{Lact}^{2+} системи (3.44).

Інтенсивне накопичення Ca_{Lact}^{2+} за низьких значень рН, що характерно для процесів сквашування молока, достатньої кількості глюкози, галактози та лактози (у загальному випадку $R-OH$) та наявності ферменту F . Вміст Ca_{Lact}^{2+} за концентрацією може бути високим і не є лімітованим для реакції хелатоутворення, в загальному випадку, і капсулоутворення – в технологічному сенсі. В цьому випадку процес інтенсивного накопичення Ca_{Lact}^{2+} в загальному вигляді можна описати виразами (3.73), (3.74).

За умови інтенсивного процесу з достатньою за концентрацією кількістю кислоти $RCOOH$ (молочної) синхронно протікають процеси розчинення міцелярних солей ТРС_м з накопиченням достатньої за полярністю кількості Ca_{Lact}^{2+} . Процес накопичення Ca_{Lact}^{2+} необхідно розглядати як лінійний, оскільки

ферментоліз лактози, а значить і накопичення кислоти $RCOOH$ за сталих умов є лінійним процесом.



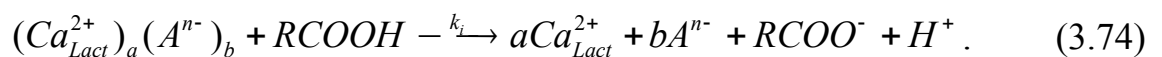
де $R-OH$ – субстрат (гідрокарбонати);

F – фермент;

$F-(R-OH)$ – фермент-субстратний комплекс;

$RCOOH$ – кислота молочна.

Тоді для міцелярного лактокальцію та протиіонів перетворення в загальному вигляді будуть описуватися рівнянням:



Дія кислот на міцелярний комплекс настільки інтенсивна, що в кінцевому варіанті весь лактокальцій системи стає іонним aCa_{Lact}^{2+} . Це може означати, що практично весь альгінат натрію може переходити в альгінат кальцію, оскільки концентрація Ca_{Lact}^{2+} перевищує необхідну критичну концентрацію для капсулоутворення, а реакція хелатоутворення є домінантною в цьому випадку. При цьому умови капсулоутворення як технологічного процесу є достатніми.

Цю гіпотезу можна сформулювати наступним чином: за наявності достатньої кількості субстратів (вирази (3.73), (3.74)) та високої активності ферментів в системі швидкість хелатоутворення (3.70) буде дорівнювати сумі швидкостей гідролізу кальцій фосфатних комплексів (3.73) та розчинення міцелярних солей лактокальцію (3.75).

Оскільки накопичення Ca_{Lact}^{2+} за своєю сутністю є двоетапним процесом, то процес капсулоутворення буде визначатися сумою швидкостей гідролізу вуглеводів TRC_m та накопичення Ca_{Lact}^{2+} за його вивільнення зі зв'язаних станів під дією накопиченої кислоти. Згідно закону взаємодії мас сума швидкостей як швидкість зміни концентрації альгінату натрію можна описати як:

$$(V_{\text{гідр}} + V_{(Ca_{Lact})_m \rightarrow Ca_{Lact}^{2+}}) = 2 \cdot k \cdot \tau [Alg^-]^2. \quad (3.75)$$

Звідки:

$$[Alg^-] = \frac{(V_{зідр} + V_{(Ca_{Lact})_m \rightarrow Ca_{Lact}^{2+}})^{1/2}}{(2 \cdot k \cdot \tau)^{1/2}}. \quad (3.76)$$

Виходячи з закону взаємодії мас:

$$-\frac{d[Alg Na]}{d\tau} = \frac{d[Alg_2 Ca_{Lact}]}{d\tau} = k \cdot [Alg^-] \cdot [Ca_{Lact}^{2+}], \quad (3.77)$$

підставимо розрахункове значення $[Alg^-]$ та отримуємо:

$$-\frac{d[Alg Na]}{d\tau} = \frac{d[Alg_2 Ca_{Lact}]}{d\tau} = k \cdot \frac{(V_{зідр} + V_{(Ca_{Lact})_m \rightarrow Ca_{Lact}^{2+}})^{1/2}}{(2 \cdot k \cdot \tau)^{1/2}} \cdot [Ca_{Lact}^{2+}]. \quad (3.78)$$

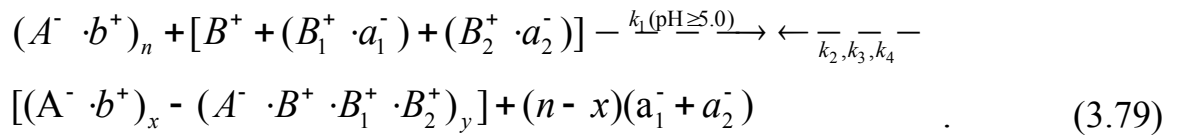
Рівняння (3.78) доводить, що швидкість зміни концентрації альгінату натрію (або ж накопичення Alg_2Ca) у даному випадку не залежить від концентрації останнього, а залежить лише від концентрації Ca_{Lact}^{2+} (права частина рівняння (3.78)). Із цього виходить можливість та технологічна доцільність забезпечення накопичення Ca_{Lact}^{2+} в ТРС_м, ТРС_с, ТРС_{сум}, як ключового чинника організації принципово нового процесу переробки ТРС_м шляхом його капсулювання в розчинах альгінату натрію.

Накопичення Ca_{Lact}^{2+} в реальному технологічному процесі може бути забезпечено за рахунок:

- накопичення Ca_{Lact}^{2+} у концентраціях, достатніх для капсулоутворення, унаслідок перебігу ферментативних процесів;
- внесення в ТРС Ca_{Lact}^{2+} із зовнішніх джерел;
- комбінацією двох вищезазначених випадків.

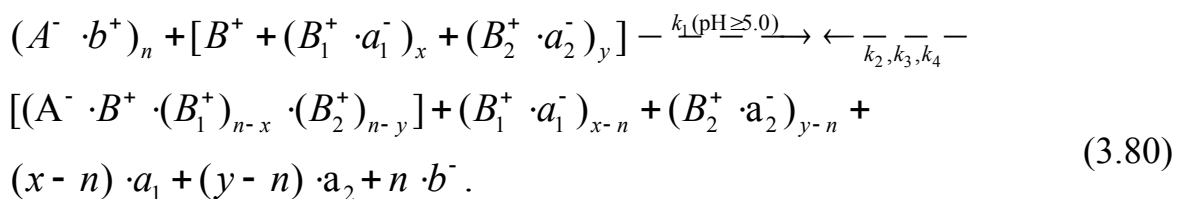
Вибір напрямів залежить від стратегії та тактики побудови технологічного процесу та переробки ТРС_м в цілому. З точки зору реалізації технологій одержання капсульованих молочних продуктів виникає дві стадії, які виходять із розуміння достатньої кількості Ca_{Lact}^{2+} для капсулювання:

- в технології одержання капсульованих молочних продуктів задіяна така концентрація альгінату натрію, яка забезпечить кількісний надлишок його відносно Ca_{Lact}^{2+} за стехіометричних співвідношень. Тоді:



За цих умов виникає капсульований продукт, а з точки зору термодинамічної характеристики виникає система з найвищим рівнем ентропії за рахунок відсутності у системі Ca_{Lact}^{2+} і солей-донорів для його утворення $[B^+ + (B_1^+ \cdot a_1^-) + (B_2^+ \cdot a_2^-)]$, а надлишок альгінату натрію $[(A^- \cdot b^+)_x - (A^- \cdot B^+ \cdot B_1^+ \cdot B_2^+)_y]$ характеризується низьким хімічним потенціалом, не здатним вплинути на технологічну та термодинамічну стабільність кінцевих продуктів. За такого складу оболонка капсул буде характеризуватися низькою проникністю як зі сторони інкапсулянту у зовнішнє середовище, так і навпаки;

– в технології капсульованих продуктів ТРС_c у вигляді інкапсулянту за концентрацією має кількісний надлишок Ca_{Lact}^{2+} , а також характеризується наявністю солей-донорів Ca_{Lact}^{2+} . Тоді схема взаємодії з розчином альгінату натрію буде мати вигляд:



Із аналізу наведеної схеми можна передбачити, що за достатньої кількості альгінату натрію процес капсулоутворення буде характеризуватися високою динамікою. Одночасно, не зважаючи на наявність в системі хімічного потенціалу у вигляді концентраційного надлишку іонів лактокальцію $(B_1^+ \cdot a_1^-)_{x-n} + (B_2^+ \cdot a_2^-)_{y-n}$ та значної концентрації протиіонів (аніонної природи), у системі не існує рушійних сил для виведення її із рівноваги за існуючих значень рН. Стінки капсули (гель альгінату кальцію) будуть характеризуватися пористістю та анізотропією.

Таким чином, розгляд ТРС_m як субстанції, 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 – розглянути можливість його використання у принципово нових технологіях, які базуються на реалізації цих потенціалів під час взаємодії з іншими речовинами. Насамперед, це відноситься до взаємодії з іонотропними полісахаридами, наприклад, альгінатом натрію, який здатен до взаємодії з Ca_{Lact}^{2+} . В свою чергу молочна сировина здатна в широких межах змінювати частки нерозчинного та розчинного лактокальцію у своєму складі, особливо в процесах, пов'язаних з його ферментацією.

3.4 Інноваційний задум технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію

В умовах сьогодення все сильніше відчувається вплив інновацій на розвиток харчової індустрії. Досягти комерційних переваг за рахунок більш низької (порівняно з конкурентами) ціни вже неможливо, тож важливим є розуміння інноваційної стратегії довгострокового розвитку підприємств харчової промисловості як інтегрованої моделі їх діяльності. Вищезначене повною мірою розповсюджується й на виробництво харчової продукції з молочної сировини.

Фундаменталізація уявлень про виникнення та реалізацію потенціалу лактокальцію, динамічну рівновагу міцелярного та іонного лактокальцію, розробка моделі утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів (підрозділи 3.1...3.3) є теоретичним підґрунтям створення технологій на основі молочної сировини. Прикладні аспекти розробки та впровадження нової продукції базуються на реалізації інновації, які забезпечують конкурентоспроможність продукції на національному та світовому продовольчих ринках. Проте інновації – це не тільки практичне використання науково-технічних розробок та

винаходів, а й перетворення в продуктах, процесах, маркетингу, організації (табл. 3.1) [469].

Таблиця 3.1

Інноваційний задум нових продуктів – напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію

Індикатори інноваційності	Характеристика інновацій
1	2
Маркетингові	Досягаються шляхом створення та просування нової продукції, яка порівняно з продуктами конкурентами (за їх наявності) володіє стійкими конкурентними перевагами; формування нових ринків та каналів збуту продукції в Україні та інших державах (продукція має високий експортний потенціал); запровадження різних цінових стратегій з урахуванням споживчих властивостей продукції та цільового сегменту; забезпечується креативним дизайном, зручною споживчою тарою (bag-in-box та інші)
Продуктові	Базуються на консервативних та радикальних (відповідно мають та не мають аналогів на споживчому ринку) інноваціях. Радикальні інновації забезпечуються шляхом управління потенціалом лактокальцію в ТРС _м , ТРС _с , ТРС _{сум} . Досягаються за рахунок багатофункціонального технологічного призначення, тривалих строків зберігання, варіабельної харчової цінності та калорійності, сталих показників якості та безпечності
Процесні	Проявляються за реалізації принципів ресурсозбереження (використання вторинної молочної сировини – молоко знежирене, сироватка молочна), уніфікації технологічних операцій, індустріального виробництва

Продовження табл. 3.1

1	2
Технічні	Базуються на застосуванні типового та унікального технологічного обладнання (ліній)
Екологічні	Досягаються зменшенням навантаження на навколишнє середовище за рахунок залучення в технологічний цикл виробництва вторинної молочної сировини (сироватка)
Food service	Досягаються як розвиток міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес» та реалізації бізнес-процесів B2B (кінцевий споживач – ЗРГ різних форматів) та B2C (кінцевий споживач – пересічний громадянин через роздрібну торговельну мережу)

	Проявляються в підвищенні ефективності функціонування сегменту Food service (використання напівфабрикатів дозволяє зменшити виробничі та збільшити торгові площі, здійснити виробництво продукції за скороченим технологічним циклом)
Соціальні	Реалізуються шляхом поліпшення структури білкового харчування населення, задоволення споживачів у продуктах функціонального та спеціального (низькокалорійні, високобілкові) призначення Базуються на відповідності сучасним трендам харчування – снєкіфікація, фітнефіакція, спортифікація Досягаються скороченням тривалості приготування їжі, вивільнення часу для навчання, відпочинку тощо

Відповідно інноваційного задуму нової продукції продуктові інновації спрямовано на раціональне використання молочної сировини, в тому числі вторинних молочних ресурсів (молоко знежирене, сироватка), поліпшення структури харчового раціону населення, задоволення споживачів у продуктах функціонального та спеціального (низькокалорійні, для фітнес-харчування, високобілкові та інші) призначення. Процесні інновації передбачають використання різноманітних способів обробки молочної сировини у технологічному потоці – сорбція-десорбція, іонообмін, фракціонування, модифікація основних складових молока з наступним їх комбінуванням між собою.

Реалізація інноваційного задуму базується на наступних положеннях:

- молоко сире, повною мірою й як ТРС_м, є складною природною системою з достатньо упорядкованою структурою;
- виробництво молока питного пов'язано зі збереженням його унікальної природної структури та складу (3.31) – (3.34);
- технологія продуктів молочних та кисломолочних, в тому числі напівфабрикатів для ЗРГ, базується на керованій зміні природної структури ТРС_м (3.40, 3.41);
- ефективність технологій напівфабрикатів з молочної сировини поряд з іншими показниками може бути оцінено ступенем збереження харчового потенціалу готової продукції відносно вихідної сировини (3.40), (3.44), (3.78);

– при обґрунтуванні способів та інтенсивності впливу на TPC_m повинно бути враховано та використано його внутрішні потенціали, й перш за все потенціал іонного лактокальцію (3.21), (3.24), (3.74);

У інноваційному задумі технологій напівфабрикатів також враховано, що комплекс технологічних заходів з обґрунтування, розробки та виробництва нової продукції відповідає світовому рівню наукових розробок, а одержані нові продукти будуть – соціальному запиту споживачів. Під соціальним запитом до харчових продуктів мається на увазі їх роль у формуванні харчового статусу споживачів, вплив на здоров'я та добробут нації, готовність споживачів сплачувати за високоякісне харчування як соціальну послугу та свідоме інвестування у розвиток індустрії харчування для майбутніх поколінь.

Соціальна відповідальність науковців харчової індустрії та автора даного дослідження полягає у свідомому впровадженні у харчову індустрію технологічних та організаційних заходів, які гарантовано забезпечують створення харчових продуктів та систем харчування, що відповідають сучасним вимогам нутріциології, купівельної спроможності споживачів. Інвестиційна привабливість нових технологій базується на розвитку міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ЗРГ» за такими напрямками:

– впровадження принципово нових технологічних підходів та технічного оснащення відповідно до вимог виробничого менеджменту. Вищезначене базується на результатах фундаментальних досліджень в області харчової хімії, харчових технологій, процесів та апаратів харчових виробництв, матеріалознавства, проектування, конструювання, підготовці інженерних та адміністративних кадрів. Цей напрям пов'язано зі значним фінансуванням, результатом його функціонування є виникнення більш організованих цілісних харчових систем та структурна перебудова харчових підприємств та логістичних систем;

– удосконалення існуючих технологій (систем, ланцюгів) переробки молочної сировини, що пов'язано з більш ефективним використанням харчової сировини за рахунок її поглибленої переробки з утворенням продукції з

додатковою вартістю. Такий підхід є менш коштовним і супроводжується реалізацією еволюційних стадій розвитку харчової індустрії;

– поєднання двох вищезначених напрямів на еволюційних принципах розвитку, що дозволить залучити до реалізації локальні інноваційні наукові та технологічні досягнення. В умовах обмеженого фінансування розвитку він є найбільш оптимальним.

Узагальнюючи результати теоретичного обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, які викладено в підрозділах 3.1...3.3, розроблено інноваційний задум нової продукції (табл. 3.1), який відзеркалено в аналітичній схемі переробки молока (рис. 3.2).

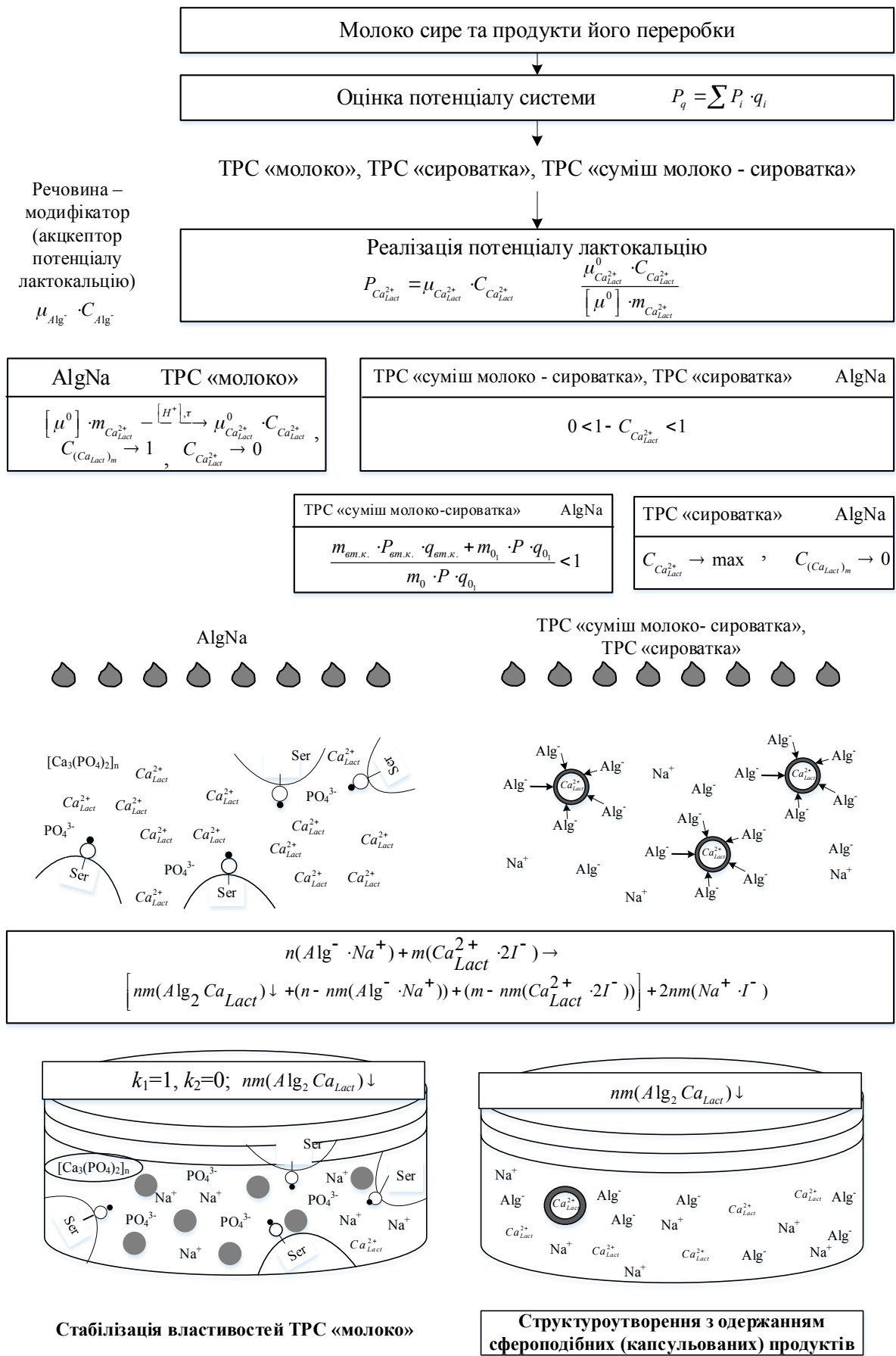


Рис. 3.2. Схема переробки молока з врахуванням потенціалу лактокальцію

Висновки за розділом 3

1. Науково обґрунтовано виникнення та розвиток нового науково-практичного напрямку зі створення стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію TPC_M , TPC_C та $TPC_{сум}$. Доведено доцільність введення поняття «технологічне рідке середовище», яке дозволяє здійснити ідентифікацію молочної сировини (молоко сире та молоко знежирене – TPC_M , сироватка молочна – TPC_C та їх суміші – $TPC_{сум}$) 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 TPC , у тому числі сольової системи, в побудові та реалізації сучасних технологічних процесів.

2. З урахуванням основних положень термодинаміки розглянуто теоретичні передумови виникнення потенціалу лактокальцію в технологічному потоці переробки молочної сировини. Доведено, що TPC_M , TPC_C та $TPC_{сум}$ можуть бути використано як технологічне рідке середовище із визначеними за співвідношеннями величинами ΔG , ΔH та ΔS , у яких або з якими можливо виконувати нові технологічні операції, що здатні зрушити новий ентальпійний чинник TPC за потенціалом іонного лактокальцію у ентропійний.

3. Розроблено та перевірено на адекватність феноменологічну модель динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію в межах технологічного ланцюга $TPC_M \longrightarrow TPC_C$, яка базується на нормуванні співвідношення іонного лактокальцію та лактокальцію у складі малорозчинних

кальційвміщуючих солей $\left(\frac{\mu_{Ca^{2+}}^0 \cdot C_{Ca^{2+}}}{[\mu^0] \cdot m_{Ca^{2+}}} \right)$. Доведено, що реалізація моделі

динамічної рівноваги дозволяє оцінити потенціали TPC_M , TPC_C та $TPC_{сум}$ щодо можливості утворення структурованих сфероподібних напівфабрикатів у вигляді капсул та/чи гранул й перевести «відкриті» технологічні системи у

частково «закриті» технологічні системи в технологічному потоці переробки молочної сировини.

4. Теоретично доведено закономірності кінетики перетворення міцелярного лактокальцію в іонний, науково обґрунтовано умови утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів. Доведено, що основними чинниками, які впливають на структуроутворення з утворенням фізичної сфероподібної поверхні розділу, є обґрунтовані концентрації альгінату натрію, іонного лактокальцію, рН систем та інші.

5. Теоретично доведено, що за багатоваріантності створення ТРС з прогнозованим вмістом іонного лактокальцію та кінетикою утворення альгінат-кальцієвих сполук з урахуванням реалізації комплексного підходу до переробки молочної сировини базовими є ТРС, характерними ознаками яких є дефіцит іонного лактокальцію у ТРС_м, збиток іонного лактокальцію у ТРС_с чи кероване створення ТРС_{сум}. З урахуванням закономірностей розвитку систем ТРС_м, ТРС_с, ТРС_{сум} теоретично доведено та науково обґрунтовано умови одержання принципово нових стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів.

6. Розроблено інноваційний задум технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію. Визначено індикатори інноваційності, суть інновацій та шляхи їх реалізації.

РОЗДІЛ 4

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА СТАБІЛІЗОВАНИХ ТА СТРУКТУРОВАНИХ СФЕРОПОДІБНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ, ОДЕРЖАНИХ ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ ЛАКТОКАЛЬЦІЮ

У даному розділі узагальнено результати експериментальних досліджень, спрямованих на обґрунтування та розробку технологій стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію, визначено раціональні параметри одержання напівфабрикатів та їх рецептурний склад, наведено моделі технологічних систем виробництва напівфабрикатів, визначено функціонування їх як технологічних систем

Теоретично доведено (розділ 3), що реалізація потенціалу лактокальцію, накопичення якого досягається переходом із міцелярного в іонний стан, шляхом його взаємодії з речовиною-модифікатором (альгінатом натрію) дозволить розробити широкий асортимент продукції з новими споживними властивостями. Перевірка розроблених теоретичних моделей на адекватність (їх валідація) визначає необхідність:

– обґрунтування умов (концентраційна гель-точка, співвідношення гулурунової та мануронової кислот у складі альгінату натрію, його сорбційна здатність та інші), за яких має місце утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів;

– визначення закономірностей впливу складу сольової системи зі зменшеним вмістом іонного лактокальцію на функціонально-технологічні властивості TPC_M ;

– наукового обґрунтування та розробки технології напівфабрикатів, функціонування яких забезпечено шляхом реалізації потенціалу лактокальцію відповідно до феноменологічної моделі станів TRC_m , TRC_c , $TRC_{сум}$.

4.1 Визначення умов утворення альгінат-кальцієвих комплексів

Альгінат натрію повною мірою відповідає вимогам до речовини-модифікатора, за введення якої до TRC_m можливо реалізувати потенціал лактокальцію. Гелеутворення як результат іонообмінної реакції, що описується рівнянням (3.47), призведе до утворення нових харчових форм – гранул або капсул, що може бути оцінено у реальному процесі за зростанням модуля пружності гелю й є свідченням розвитку або затухання міжфазової взаємодії лактокальцій TRC_m – $AlgNa$. Інтенсивність перетворення розчину $AlgNa$ в систему « $AlgNa - Ca$ » залежить від багатьох чинників, й насамперед від:

– характеристики сировини та співвідношення гулурунової та мануронової кислот ($\chi = \frac{C_{ГК}^{2+}}{C_{ГК}}$) у складі альгінату натрію, яке для реалізації процесу структуроутворення складає відповідно вимог рівняння (3.59);

– масової частки іонного лактокальцію;

– порядку змішування компонентів;

– процесу іонообміну як за ступенем масообміну, так і за тривалістю.

За контакту розчину альгінату натрію з TRC_m спостерігається виникнення нової неспорідненої з розчинником пружної фази – « $AlgNa - Ca$ ». Виникнення такої фази свідчить про керовану зміну складу сольової системи TRC_m , а кінетика сорбції та ємність за донорсько-акцепторними властивостями – про інтенсивність масообміну лактокальцію між альгінатом натрію та TRC_m . Для обґрунтування технологічних параметрів реалізації потенціалу лактокальцію (порядок змішування компонентів, кількість іонного лактокальцію що сорбується, умови видалення речовини-модифікатора, тривалість процесу сорбції) на модельних системах досліджено сорбційну здатність $AlgNa$,

закономірності золь-гель переходів з утворенням фізичної поверхні розділу, зусилля відриву. За попереднього аналітичного та експериментального тестування використовували водні розчини альгінату натрію ($C_{AlgNa}=1,0\dots 2,0\%$) марки FD 127 зі значенням $\chi=0,58$.

Кінетику процесу сорбції Ca^{2+} оцінювали за графічними залежностями зменшення вмісту кальцію у розчинах $CaCl_2$ з різними значеннями рН (рис. 4.1) [470–472]. Це дозволяє змоделювати реальні взаємодії у випадку використання TPC_M , TPC_C , $TPC_{сум}$.

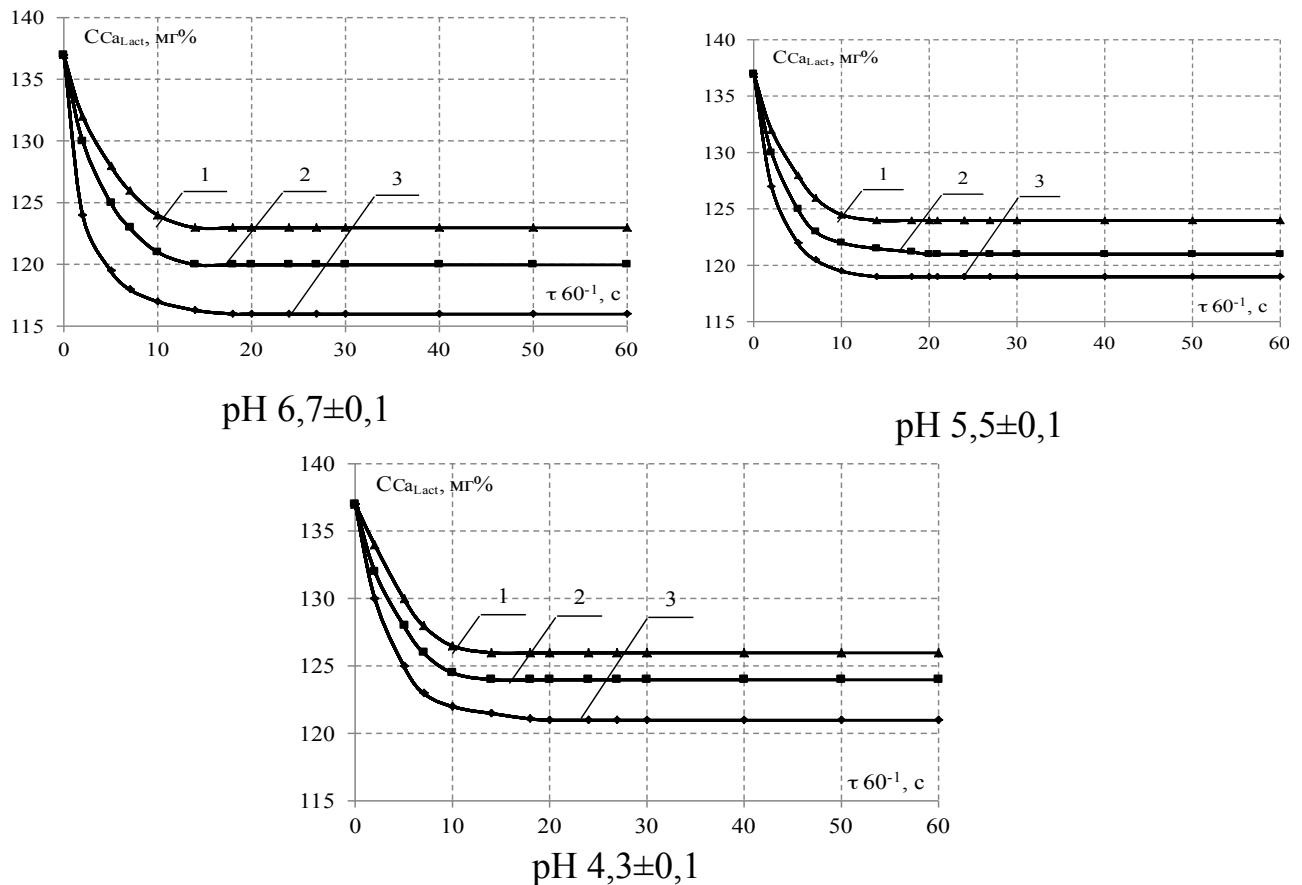


Рис. 4.1. Кінетика сорбції Ca^{2+} із розчину $CaCl_2$ за концентрації $AlgNa, \%$: 1, 2, 3 – 1,0; 1,5; 2,0 відповідно ($t=20,0 \pm 0,5$ °C)

Встановлено, що з підвищенням концентрації $AlgNa$ у розчині з 1,0 % до 2,0% спостерігається збільшення Ca^{2+} , що сорбується: за рН 6,7±0,1 – з 10,2% до 15,3%, рН 5,5±0,1 – з 7,2% до 13,0%, рН 4,3±0,1 – з 8,1% до 11,6%. Процес сорбції характеризується як високодинамічний в перші (7–15)-60 с з подальшим затуханням. Визначено, що на першому етапі сорбції спостерігається висока

швидкість зв'язування Ca^{2+} , яка поряд з іншими чинниками залежить від концентрації *AlgNa*. Кількість Ca^{2+} , що сорбовано 1,0 %, 1,5 % та 2,0 % розчином *AlgNa* через 10·60 с, становить відповідно $9,4 \pm 0,1$ %, $11,6 \pm 0,1$ % та $14,5 \pm 0,1$ % до початкового вмісту (за рН $6,7 \pm 0,1$). Це свідчить про високу сорбційну здатність альгінату натрію. Другий етап характеризує систему за сорбційною ємністю. Для систем, що досліджувались, характерне наявність плато на кривій сорбції за величинами сорбційної ємності. Встановлено, що на показник сорбційної ємності впливає величина рН систем – зниження значень рН з $6,7 \pm 0,1$ до $4,3 \pm 0,1$ супроводжується зменшенням сорбуючої ємності. Так, результатом зміни рН з $6,7 \pm 0,1$ до $5,5 \pm 0,1$ є зниження сорбуючої здатності на 7,0 %, а до рН $4,3 \pm 0,1$ – на 15,0 % незалежно від концентрації реагуючих речовин. Такий ефект, вірогідно, виникає за рахунок часткового переходу альгінату натрію у стан *HAlg* з низькою здатністю до дисоціації та іонообміну, що узгоджується з виразами (3.66), (3.67). Слід відмітити, що зниження кінетики сорбції Ca^{2+} структурованими системами в часі обґрунтовує необхідність ведення процесу сорбції в декілька етапів.

Визначені закономірності характерні для модельних систем й потребують подальших досліджень в умовах перебігу сорбційних процесів безпосередньо в TPC_m , TPC_c , $\text{TPC}_{\text{сум}}$.

Зв'язування іонного кальцію альгінатом натрію супроводжується зростанням модуля пружності структурованих систем «*AlgNa - Ca*» (рис. 4.2). Видно, що в інтервалі концентрацій Ca^{2+} 7–40 мг% спостерігається стрімке підвищення модуля миттєвої пружності (з $(0,5 \pm 0,01) \cdot 10^3$ Па до $(10,7 \pm 0,1) \cdot 10^3$ Па), надалі має місце монотонне його зростання [473]. Гелі, що утворилися, можуть бути відокремлені від рідкого середовища; це визначає можливість розділення учасників процесу сорбції, що, з одного боку, забезпечить сталість органолептичних показників структурованих продуктів, а, з іншого, – їх розділення за зростання неспорідненості нової фази з рідким середовищем.

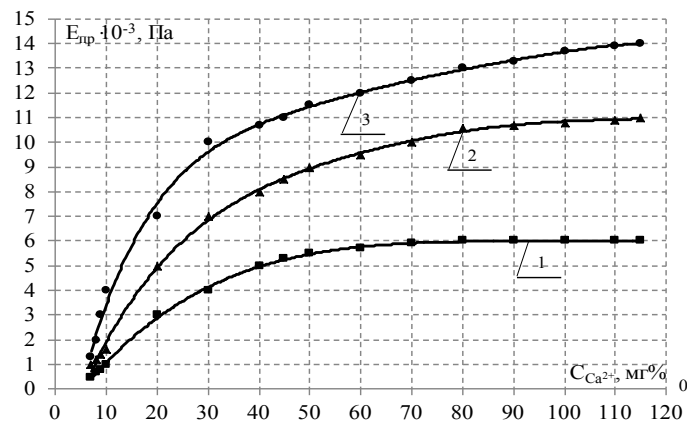


Рис. 4.2. Модуль миттєвої пружності систем «AlgNa–Ca» залежно від концентрації AlgNa, %: 1, 2, 3 – 1,0; 1,5; 2,0 ($t=20,0\pm 0,5$ °C)

Експериментально визначено умови відділення структурованих сфероподібних систем від поверхні розділу розчину $CaCl_2$ (табл. 4.1) та *AlgNa* (табл. 4.2). Встановлено, що зусилля відриву структурованих систем «*AlgNa* - *Ca*» від дистильованої води залежить від стадії структуроутворення, тобто від співвідношення Alg_2Ca , що утворився, та *AlgNa*, який не вступив у хімічну реакцію з Ca^{2+} за умов їх нестачі. Видно, що більш концентровані за вмістом *AlgNa* системи виявляють більшу спорідненість до води дистильованої, що ускладнює їх розділення.

Зусилля відриву систем «*AlgNa* - *Ca*» від розчинів хлориду кальцію за концентрації Ca^{2+} 70,0...115,0 мг% у всіх випадках є відносно низьким (табл. 4.1). Це, вірогідно, пояснюється тим, що системи «*AlgNa*–*Ca*» та розчин хлориду кальцію у дотичному стані витримували протягом 10 с, що призводило до розвитку іонообмінної реакції й, як наслідок, гідрофобізації поверхні. Так, за концентрації *AlgNa* 1,0 % та вмісту Ca^{2+} 70,0...115,0 мг% зусилля відриву систем «AlgNa–Ca» від розчину хлориду кальцію зменшується з $30,0\pm 0,5$ Па до $20,0\pm 0,5$ Па. Проведені дослідження дозволяють спрогнозувати ефективне відокремлення систем «AlgNa–Ca» від TPC_m , TPC_c , $TPC_{сум}$.

Таблиця 4.1

Узагальнені дані з відділення структурованих систем від поверхні розділу розчину CaCl_2

Характеристика систем	Концентрація		Структурно-механічні властивості		Зусилля відриву (Па) від розчинів хлориду кальцію, що містять Ca^{2+} , мг%				
	AlgNa, %	Ca^{2+} , мг%	η , Па·с	$E_{\text{пр}} \cdot 10^3$, Па	0	10,0	45,0	80,0	115
Розчин AlgNa	1,0	–	0,12±0,01	–	–	–	–	–	–
Система «AlgNa–Ca»	1,0	7,0±0,1	–	0,8±0,01	30±1	27±1	23±1	21±1	20±1
Система «AlgNa–Ca»	1,0	45,0±0,1	–	5,1±0,01	26±1	24±1	23±1	21±1	20±1
Система «AlgNa–Ca»	1,0	80,0±0,1	–	6,0±0,01	24±1	22±1	21±1	21±1	20±1
Система «AlgNa–Ca»	1,0	115,0±0,1	–	6,0±0,01	22±1	21±1	20±1	20±1	20±1
Розчин AlgNa	1,5	–	0,42±0,01	–	–	–	–	–	–
Система «AlgNa–Ca»	1,5	10,0±0,1	–	0,9±0,01	38±1	34±1±1	32±1	30±1	29±1
Система «AlgNa–Ca»	1,5	45,0±0,1	–	8,5±0,01	32±1	28±1	27±1	26±1	25±1
Система «AlgNa–Ca»	1,5	80,0±0,1	–	10,6±0,01	27±1	25±1	24±1	23±1	22±1
Система «AlgNa–Ca»	1,5	115,0±0,1	–	11,0±0,01	25±1	24±1	23±1	23±1	23±1
Розчин AlgNa	2,0	–	0,74±0,01	–	–	–	–	–	–
Система «AlgNa–Ca»	2,0	10,0±0,1	–	1,0±0,01	46±1	42±1	40±1	41±1	38±1
Система «AlgNa–Ca»	2,0	45,0±0,1	–	11,0±0,01	34±1	32±1	32±1	30±1	30±1
Система «AlgNa–Ca»	2,0	80,0±0,1	–	13,0±0,01	30±1	29±1	29±1	28±1	28±1
Система «AlgNa–Ca»	2,0	115,0±0,1	–	14,0±0,01	28±1	27±1	27±1	27±1	27±1

Примітка: темним кольором зазначено показники, за яких відрив не спричиняє ускладнень з точки зору відокремлення систем «AlgNa–Ca» від поверхні розчинів CaCl_2

Таблиця 4.2

Узагальнені дані з відділення структурованих систем від поверхні розділу розчину AlgNa

Характеристика систем	Концентрація		Фізичні та структурно-механічні властивості		Зусилля відриву (Па) від розчинів альгінату натрію, що містять AlgNa, %			
	AlgNa, %	Ca ²⁺ , мг%	к _ф	Зусилля руйнування, Па	0	1,0	1,5	2,0
Розчин AlgNa	1,0	–	–	–	–	–	–	–
Система «AlgNa–Ca»	1,0	7,0±0,1	0,85±0,05	4,7±0,1	30±1	267±3	269±3	274±3
Система «AlgNa–Ca»	1,0	45,0±0,1	1,0±0,05	5,1±0,1	26±1	261±3	264±3	268±3
Система «AlgNa–Ca»	1,0	80,0±0,1	1,0±0,05	5,4±0,1	24±1	256±3	258±3	263±3
Система «AlgNa–Ca»	1,0	115,0±0,1	1,0±0,05	5,6±0,1	22±1	250±3	252±3	261±3
Розчин AlgNa	1,5	–	–	–	–	–	–	–
Система «AlgNa–Ca»	1,5	7,0±0,1	0,95±0,05	5,1±0,1	38±1	249±3	250±3	253±3
Система «AlgNa–Ca»	1,5	45,0±0,1	1,0±0,05	5,3±0,1	32±1	245±3	248±3	251±3
Система «AlgNa–Ca»	1,5	80,0±0,1	1,0±0,05	5,6±0,1	27±1	242±3	244±3	243±3
Система «AlgNa–Ca»	1,5	115,0±0,1	1,0±0,05	5,9±0,1	25±1	241±3	243±3	246±3
Розчин AlgNa	2,0	–	–	–	–	–	–	–
Система «AlgNa–Ca»	2,0	7,0±0,1	1,0±0,05	5,6±0,1	46±1	240±3	245±3	249±3
Система «AlgNa–Ca»	2,0	45,0±0,1	1,0±0,05	6,0±0,1	34±1	239±3	244±3	248±3
Система «AlgNa–Ca»	2,0	80,0±0,1	1,0±0,05	6,3±0,1	30±1	237±3	242±3	245±3
Система «AlgNa–Ca»	2,0	115,0±0,1	1,0±0,05	6,8±0,1	28±1	238±3	239±3	240±3

Примітка: темним кольором зазначено показники, за яких відрив не спричиняє ускладнень з точки зору відокремлення систем «AlgNa–Ca» від поверхні розчинів AlgNa

Аналіз даних, наведених у табл. 4.2, дозволяє виявити, що в інтервалі концентрацій іонного кальцію, що досліджувався, має місце утворення структурованих сфероподібних продуктів правильної кулеподібної форми (коефіцієнт форми коливається в межах 0,85–1,0), які характеризуються достатньо високим зусиллям руйнування – 4,7...6,8 Па. Видно (табл. 4.2), що порівняно з водою зусилля відриву структурованих систем від поверхні розчину альгінату натрію підвищується більш, ніж у 10 рази. При цьому збільшення концентрації альгінату натрію у системі призводить до підвищення зусилля відриву незалежно від концентрації іонного кальцію. Це пояснюється значним підвищенням в'язкості розчинів, що й стає перешкодою для вільного видалення структурованих систем. Проведені дослідження дозволяють спрогнозувати та передбачити комплекс технологічних заходів з відокремлення структурованих систем від розчину альгінату натрію.

4.2 Наукове обґрунтування технологічних параметрів регулювання складу сольової системи ТРС «молоко»

Один із чинників стабільності ТРС_м як поліфазної гетерогенної системи в технологічному потоці згідно з феноменологічною моделлю (розділ 3) описується виразами (3.33, 3,34). Сенс цього виразу зводиться до того, що перерозподіл загального вмісту лактокальцію в бік накопичення Ca_{Lact}^{2+} призводить до виникнення хімічного потенціалу і зміни складу істинного розчину ТРС_м. Керована зміна складу дисперсійного середовища ТРС_м за закономірністю $C_{Ca_{Lact}^{2+}} \rightarrow 0$ дозволить регулювати функціонально-технологічні властивості ТРС_м та розширити діапазон його колоїдної стабільності.

За реалізації сформульованої гіпотези й згідно рівнянь (3.21), (3.31), (3.32) та умов (3.33) й (3.34) стабілізацію колоїдного стану ТРС_м може бути досягнуто зменшенням загального вмісту лактокальцію, зокрема іонного, який володіє хімічним потенціалом і за певних умов здатен спонтанно запускати механізми

трансформації ТРС_м. За цих умов введення в ТРС_м акцепторів іонного лактокальцію у формі альгінату натрію створює умови, коли $k_2=k_1$ (вирази (3.33), (3.34)) і, як наслідок, стабілізує технологічні властивості ТРС_м.

Реалізація умов виразу (3.21), а саме підвищення кислотності ТРС_м у контрольованих межах ($[H^+]$) та рН-статичного його витримування ($\tau_{|pH=const}$) з поступовим введенням в крапельному режимі розчину альгінату натрію, призведе до виконання умов, які описуються рівнянням (3.53) з його трансформацією у рівняння (3.64). При цьому має місце виникнення нової фази згідно рівняння (3.65) у вигляді гранульованого продукту, основу якого складає система «AlgNa - Ca_{Lact}», з одночасним зниженням вмісту лактокальцію (3.33, 3.34) та термодинамічного потенціалу ТРС_м (3.24) за рахунок виведення із його складу іонного лактокальцію.

Видалення іонного лактокальцію може виконуватися як без корегування значень рН, так і з одночасним зменшенням значень рН ТРС_м, що інтенсифікує перехід міцелярного кальцію в іонний (рівняння 3.21) за збереження колоїдної стабільності ТРС_м. Важливим при цьому є розуміння, що одним із головних параметрів впливу на колоїдну стабільність ТРС_м є контрольоване зниження вмісту іонного лактокальцію. Своєчасне та кероване виведення іонного лактокальцію упереджує колоїдну дестабілізацію поліфазної системи та дозволяє прогнозувати створення нової товарної форми – ТРС_м з регульованим ССС [474–476]. Можна прогнозувати, що воно буде характеризуватись новими технологічними властивостями, реалізація яких в технологічному потоці дозволить одержувати принципово нові харчові продукти та напівфабрикати для їх виробництва [477].

Згідно аналітичних досліджень (розділ 3) стабільність ТРС_м буде визначатися як концентрацією іонного лактокальцію у системі, так і здатністю системи до перетворень $[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}} \rightarrow \mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$. Передбачається, що за умови зниження концентрації іонного лактокальцію $C_{Ca_{Lact}^{2+}} \rightarrow 0$ стабільність

ТРС_м зростає в більш широкому діапазоні рН. Встановлено, що кінетика сорбції Ca_{Lact}^{2+} з ТРС_м розчином AlgNa за співвідношення ТРС_м : розчин AlgNa як 10:1; 5:1; 2,5:1 (г/г) описується графічними закономірностями, які наведено на рис. 4.3.

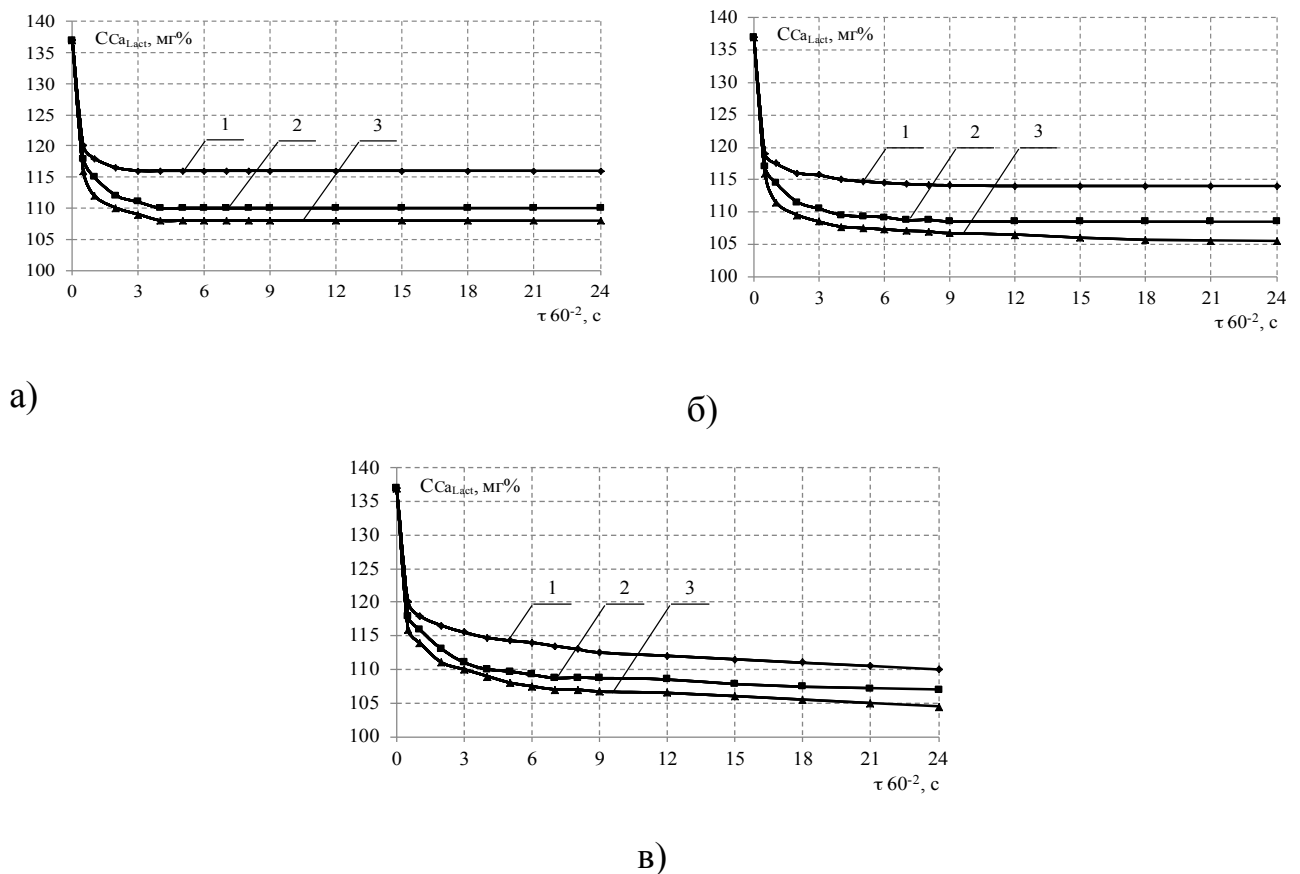


Рис. 4.3. Кінетика сорбції Ca_{Lact}^{2+} з ТРС_м розчином AlgNa за концентрації 1,0 % (а), 1,5 (б) та 2,0 % (в) за співвідношення ТРС_м : розчин AlgNa: 1 – 10:1; 2 – 5:1; 3 – 2,5:1 ($t = 20 \pm 0,5$ °C, періодичність перемішування складає кожні 5·60 с), рН ТРС_м ($6,7 \pm 0,1$)

Зміна концентрації сорбенту від 1,0 % до 2,0 % призводить до зниження концентрації Ca_{Lact}^{2+} у ТРС_м на 13–21% до первинного вмісту залежно від тривалості процесу (рис. 4.3). Це дозволяє зробити висновок, що сольова рівновага у ТРС_м має інерційний характер (підвищення концентрації розчину AlgNa в 2 рази призводить до збільшення лактокальцію, що сорбувався, лише на 13,6 %).

Введення 1,0 % розчину AlgNa за співвідношення ТРС_м : розчин AlgNa як 10:1 призводить до сорбції $4,17 \pm 0,1$ % Ca_{Lact}^{2+} (рис. 4.3 а, крива 1), а за

співвідношення 5:1 – $10,3 \pm 0,1$ % (рис. 4.3 а, крива 2), що підтверджує наявність сорбційної ємності акцептора. Проте підвищення концентрації альгінату натрію повинно бути обґрунтованим, оскільки у розчинах 1,0 % концентрації за співвідношення 5:1 (рис. 4.3 а, крива 2) та 2,0 % концентрації за співвідношення 10:1 (рис. 4.3 б, крива 1) відбувається сорбція порівняно меншої кількості Ca_{Lact}^{2+} – $10,0 \pm 0,1$ % проти $8,0 \pm 0,1$ % відповідно. Останнє, вірогідно, пояснюється в'язкістю системи та співвідношенням TPC_M : розчин *AlgNa*. Зокрема, підвищення в'язкості сприяє уповільненню процесу сорбції, а збільшення співвідношення, навпаки, прискорює процес за рахунок підвищення контакту *AlgNa* з Ca_{Lact}^{2+} . Вважаємо за необхідне відзначити, що проведені дослідження вказують на те, що, співвідношення *AlgNa* та Ca_{Lact}^{2+} не досягає стехіометричних значень незалежно від умов сорбції.

Встановлено, що зниження рН TPC_M керованим або спонтанним впливом призводить до накопичення іонного лактокальцію (рис. 4.4). Результатом цього є утворення нових умов у системі ($k_4 > k_3$) (вираз (3.38)), які будуть визначати кінетику сорбції Ca_{Lact}^{2+} з TPC_M (рис. 4.5) при взаємодії з *AlgNa* та структуроутворення.

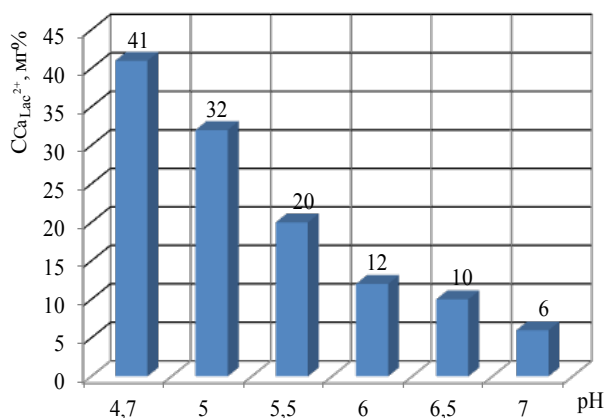


Рис. 4.4. Вміст іонного лактокальцію у TPC_M за різних значень рН

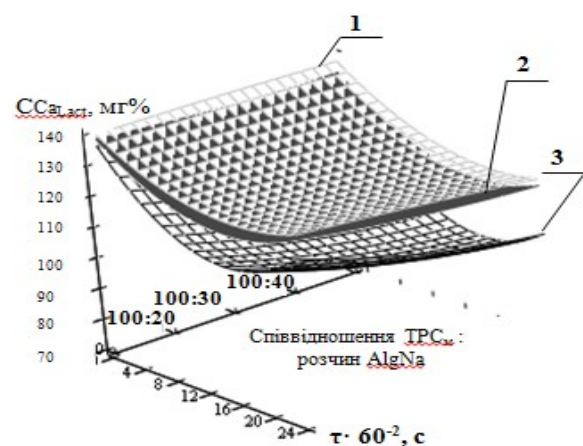


Рис. 4.5. Кінетика сорбції Ca_{Lact}^{2+} з TPC_M 1,5 % розчином *AlgNa* залежно від рН: 1 – $6,7 \pm 0,1$, 2 – $5,5 \pm 0,1$; 3 – $4,3 \pm 0,1$

Встановлено, що в інтервалі рН 4,7–6,8 сорбція Ca_{Lact}^{2+} описується залежностями (рис. 4.5), характер яких визначається співвідношенням $TPC_M:AlgNa$ та тривалістю сорбції. Кінетика сорбції прогнозовано інтенсифікується за зниження рН, що забезпечує зменшення загального вмісту лактокальцію у TPC_M протягом $6 \cdot 60^2$ с на 9,3 % та 21,5 % відповідно.

Наявність різнокінетичних участків на кривій сорбції (рис. 4.6) підтверджує доцільність поетапного виведення лактокальцію шляхом технологічного розриву процесу та введення нових доз альгінату натрію у TPC_M після видалення структурованих сфероподібних продуктів попереднього етапу. Такий підхід забезпечить на протязі усього циклу нерівність коефіцієнтів ($k_4 > k_2$), що дозволить оптимізувати технологічний процесу вцілому.

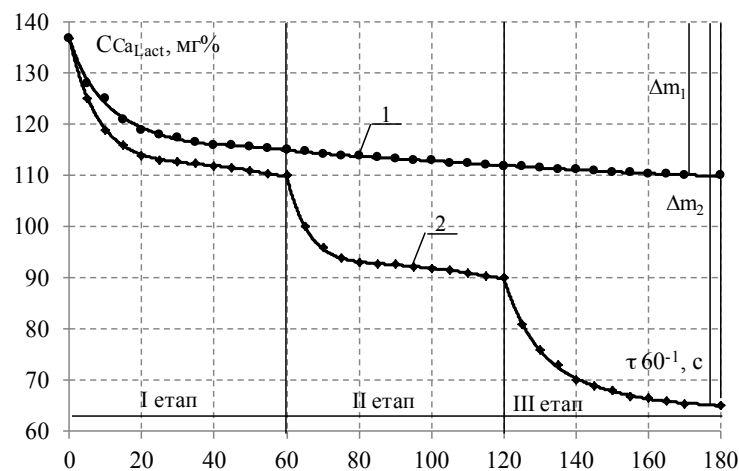


Рис. 4.6. Кінетика сорбції Ca_{Lact}^{2+} із TPC_M : 1 – рН $6,7 \pm 0,1$; 2 – рН $5,5 \pm 0,1$ (досягається поетапним уведенням коректорів розчинності малорозчинних кальційвміщуючих солей)

За вираженої ефективності процесу декальцифікації (рис. 4.6) за поетапного введення розчину $AlgNa$ швидкість декальцифікації складає $(0,4 \dots 0,5) \cdot 10^{-3} \% / c$ (рН $6,8 \pm 0,1$) та $(0,8 \dots 1,0) \cdot 10^{-3} \% / c$ (рН $5,5 \pm 0,1$).

Експериментально доведено (рис. 4.6), що за поетапного введення розчину $AlgNa$ та коректорів розчинності солей (в дослідженнях використовували HCl) інтенсифікується процес декальцифікації TPC_M . Так, за

умов ($\tau = 180 \cdot 60^2$ с, рН $6,7 \pm 0,1$) загальний вміст лактокальцію під час декальцифікації зменшується до $110,1 \pm 0,1$ мг%, а поетапне введення до систем розчину AlgNa та коректорів розчинності сприяє зменшенню лактокальцію до $65,0 \pm 0,1$ мг%.

Експериментально доведено, що температура в інтервалі значень $2 \dots 40^\circ\text{C}$ практично не впливає на ступінь декальцифікації ТРС_м. Так, за температури 2°C та 40°C вміст лактокальцію у ТРС_м (рН $5,5 \pm 0,1$) знижується до $65,0 \pm 0,1$ мг % та $68,0 \pm 0,1$ мг% відповідно. Оскільки забезпечення температурного режиму за умов зниження рН ТРС_м є важливим чинником з огляду на стабільність системи, прийнято температуру декальцифікації – $2 \dots 6^\circ\text{C}$.

З метою встановлення закономірностей зміни складу та властивостей ТРС_м під час декальцифікації досліджено його органолептичні (табл. 4.3) та фізико-хімічні (табл. 4.4) показники. Для досліджень використовували ТРС_м, масова частка білка у складі якого коливалась в межах $3,1 \dots 3,2$ %, в т.ч. казеїну – $2,5 \dots 2,6$ %, кальцію – $132 \dots 137$ мг%.

Таблиця 4.3

Органолептичні показники ТРС_м

Найменування показника	Характеристика зразків ТРС _м за вмісту лактокальцію в системі, мг% / % виведення лактокальцію до початкового значення			
	1	2	3	4
<u> </u>	132...137 контроль	110...123 10...15%	90...105 25...30%	65...72 45...52%
Зовнішній вигляд та консистенція	Однорідна рідина без осаду, пластівців білка та грудочок жиру			
Смак і запах	Чисті, без сторонніх присмаків та запахів, притаманні свіжому молоку, з легким присмаком пастеризації			
Колір	Білий, рівномірний за всією масою		Білий, рівномірний за всією масою, склоподібний	

Аналіз даних, наведених у табл. 4.3, 4.4, дозволяє констатувати зміни органолептичних та фізико-хімічних показників ТРС_м у взаємозв'язку зі вмістом лактокальцію. Під час декальцифікації консистенція, смак і запах ТРС_м

не змінюються. Одночасно виведення із системи 25...52 % лактокальцію призводить до появи склоподібності (зразки 3, 4).

Таблиця 4.4

Фізико-хімічні показники ТРС_м

Найменування показника	Характеристика зразків ТРС _м за вмісту лактокальцію в системі, мг% / % виведення лактокальцію до початкового значення			
	1 132...137 контроль	2 110...123 10...15%	3 90...105 25...30%	4 65...72 45...52%
Масова частка сухих речовин, %	9,25±0,5	9,05±0,5	8,94±0,5	8,83±0,5
Масова частка білка, %, в тому числі казеїну	3,1±0,1 2,6±0,1	3,0±0,1 2,5±0,1	2,9±0,1 2,5±0,1	2,9±0,1 2,5±0,1
Масова частка жиру, %	1,00±0,05	1,00±0,05	1,00±0,05	1,00±0,05
Масова частка лактози, %	4,7±0,1	4,6±0,1	4,6±0,1	4,4±0,1
Масова частка мінеральних речовин, %	0,45±0,05	0,45±0,05	0,44±0,05	0,43±0,05
Титрована кислотність, °Т	20±1	21±1	21±1	21±1
Активна кислотність	6,6±0,1	6,4±0,1	6,2±0,1	6,0±0,1

Експериментально встановлено, що під час декальцифікації ТРС_м спостерігається зменшення масової частки сухих речовин – з 9,25±0,5 % (зразок 1) до 8,83±0,5 % (зразок 4). Це, вірогідно, пов'язано з виведенням низькомолекулярних сполук (лактоза, розчинні мінеральні солі тощо) разом з альгінатом кальцію. Достовірно встановлено зменшення вмісту лактози – з 4,7±0,1 % (зразок 1) до 4,4±0,1 % (зразок 4). Зміна вмісту інших речовин знаходиться в межах похибки вимірювання. У ряді зразків 1→4 виявлено несуттєве підвищення титрованої кислотності (з 20±1 °Т до 22±1 °Т) та зменшення активної кислотної (з 6,6±0,1 до 6,0±0,1). Виявлено зниження

оптичної густини ТРС_м, вірогідно, внаслідок розпаду міцел казеїну, що повною мірою узгоджується з його органолептичними показниками.

Досліджено зміни вмісту основних мікроелементів у ТРС_м під час декальцифікації (табл. 4.5). Експериментально встановлено, що при коливанні масової частки мінеральних речовин в межах 0,45...0,47 % під час декальцифікації ТРС_м має місце достовірне зменшення лактокальцію (зі 135,0±2,0 мг% до 70,0±1,0 мг% – зразки 1, 4). Разом з цим підвищується вміст натрію (з 12,0±0,5 мг% до 78,0±1,0 мг% відповідно), що є результатом протікання іонообмінної реакції.

Таблиця 4.5

Вміст основних мікроелементів у ТРС_м

Найменування мінеральних речовин	Вміст основних мікроелементів в ТРС _м за вмісту лактокальцію в системі, мг% / % виведення лактокальцію до початкового значення			
	1	2	3	4
	132...137 контроль	110...123 10...15%	90...105 25...30%	65...72 45...52%
калій, мг %	155,0±5,0	155,0±5,0	155,0±5,0	153,0±5,0
натрій, мг %	12,0±0,5	23,0±1,0	45,0±1,0	78,0±1,0
кальцій, мг %	135,0±2,0	121,0±1,0	95,0±1,0	70,0±1,0
магній, мг %	12,0±0,5	13,0±0,5	15,0±1,0	15,0±0,5
фосфор, мг %	35,0±1,0	35,0±1,0	36,0±1,0	36,0±1,0

Кількісним елементним аналізом поверхні на детекторі Oxford X-max 80 додатково здійснено порівняльний аналіз елементного складу зразків ТРС_м (зразок 1) та ТРС_м декальцифікованого (зразок 3), результати якого наведено в додатку А. Підтверджено, що під час декальцифікації за практично незмінного вмісту магнію, фосфору має місце суттєве збільшення натрію (з 10,5 atomic% до 29,1 atomic%), зменшення кальцію (з 22,2 atomic% до 7,7 atomic%).

Встановлено закономірності зміни термостабільності (за алкогольною пробою) ТРС_м з регульованим складом ССС за зниження вмісту іонного лактокальцію (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Термостабільність ТРС_м з регульованим складом
солювої системи залежно від кількості Ca_{Lact}^{2+} , що сорбовано**

Концентрація спирту <u>етилового</u>	Термостабільність ТРС _м з регульованим ССС залежно від кількості Ca_{Lact}^{2+} , що сорбовано % виведення лактокальцію до початкового значення			
	1 132...137 контроль	2 110...123 10...15%	3 90...105 25...30%	4 65...72 45...52%
68	-	+	+	+
70	-	+	+	+
72	-	-	+	+
75	-	-	-	+

Підтверджено (табл. 4.6), що зниження концентрації іонного лактокальцію у ТРС_м призводить до підвищення його термостабільності. Експериментально визначено, що за рН $5,5 \pm 0,1$, співвідношення ТРС_м : розчин *AlgNa* як 10:1, а також поетапного введення коректорів розчинності 10,0...15,0% Ca_{Lact}^{2+} на кожному з етапів. При цьому підвищення ступеню декальцифікації позитивно впливає на термостабільність ТРС_м. Так, за виведення з системи 10...15% Ca_{Lact}^{2+} ТРС_м зберігає термостабільність за впливу спирту з концентрацією 70 %. Підвищення ступеня декальцифікації (зразки 3, 4) забезпечує стабільність ТРС_м без зміни колоїдного стану за додавання спирту з концентрацією 72% та 75% відповідно [478–480].

Визначено, що регулювання ССС ТРС_м відбувається, головним чином, за рахунок іонного лактокальцію, де встановлення нової рівноваги за умов введення *AlgNa* спричиняє вивільненню Ca_{Lact}^{2+} з кальційвміщуючих солей (фосфати та цитрати кальцію). Вміст лактокальцію, зв'язаного з казеїном, є відносно стабільним до певного рівня декальцифікації (видалення до 30% іонного лактокальцію). При цьому за підвищення ступеня декальцифікації

більш, ніж до 45%, спостерігається вивільнення лактокальцію зі складу міцел казеїну з одночасним розпадом їх на дрібні субміцели. Це підтверджується показниками оптичної густини (табл. 4.4). Збільшення масової частки виведеного з TPC_M лактокальцію до 45...52 % до початкової об'ємності призводить до зниження оптичної густини з $0,98 \pm 0,01$ оп. од до $0,65 \pm 0,01$ оп.од), що й є підтвердженням процесу деагрегації казеїнових міцел. Ці дані є визначальними для обґрунтування процесу декальцифікації, оскільки з фізіологічної точки зору лактокальцій казеїнів є засвоюваним при гомеостазі.

Проведені дослідження з визначення впливу технологічних чинників (концентрація $AlgNa$, рН TPC_M , характер сорбції, температура процесу) на сорбцію Ca_{Lact}^{2+} комплексоутворювачем $AlgNa$ дозволили визначити закономірності сорбції Ca_{Lact}^{2+} з TPC_M . Базуючись на одержаних даних обґрунтовано раціональні параметри одержання TPC_M з регульованим ССС (табл. 4.7) та розроблено принципову технологічну схему його виробництва (рис. 4.7).

Таблиця 4.7

Раціональні параметри одержання TPC «молоко»

з регульованим складом сольової системи

Найменування параметра	Одиниці вимірювання	Межові значення
Масова частка лактокальцію у TPC_M до декальцифікації	мг%	не регламентується
Ступінь декальцифікації TPC_M (% виведення лактокальцію до початкового значення)	%	10...30
Концентрація $AlgNa$ у розчині		1,0...2,0
Співвідношення TPC_M : розчин $AlgNa$	%	10:1
Температура сорбції	°C	2...6
рН TPC_M за введення коректорів розчинності	—	$5,5 \pm 0,1$
Характер сорбції	с	динамічний з перемішуванням кожні (15...20) · 60с
Етапність процесу з огляду на введення речовини-модифікатора	—	1...3

Тривалість етапу процесу сорбції	с	(58...60) · 60
----------------------------------	---	----------------

Відповідно розробленої моделі технологічного процесу виробництва ТРС_м, регулювання ССС здійснюють сорбцією іонного лактокальцію шляхом крапельного введення розчину *AlgNa* з наступним витримуванням протягом (58...60)×60 с з утворенням гранул альгінату кальцію, які надалі видаляють шляхом декантації. Кількість етапів технологічного процесу визначається технологічною необхідністю та обумовлює кінцевий вміст іонного лактокальцію у ТРС_м.

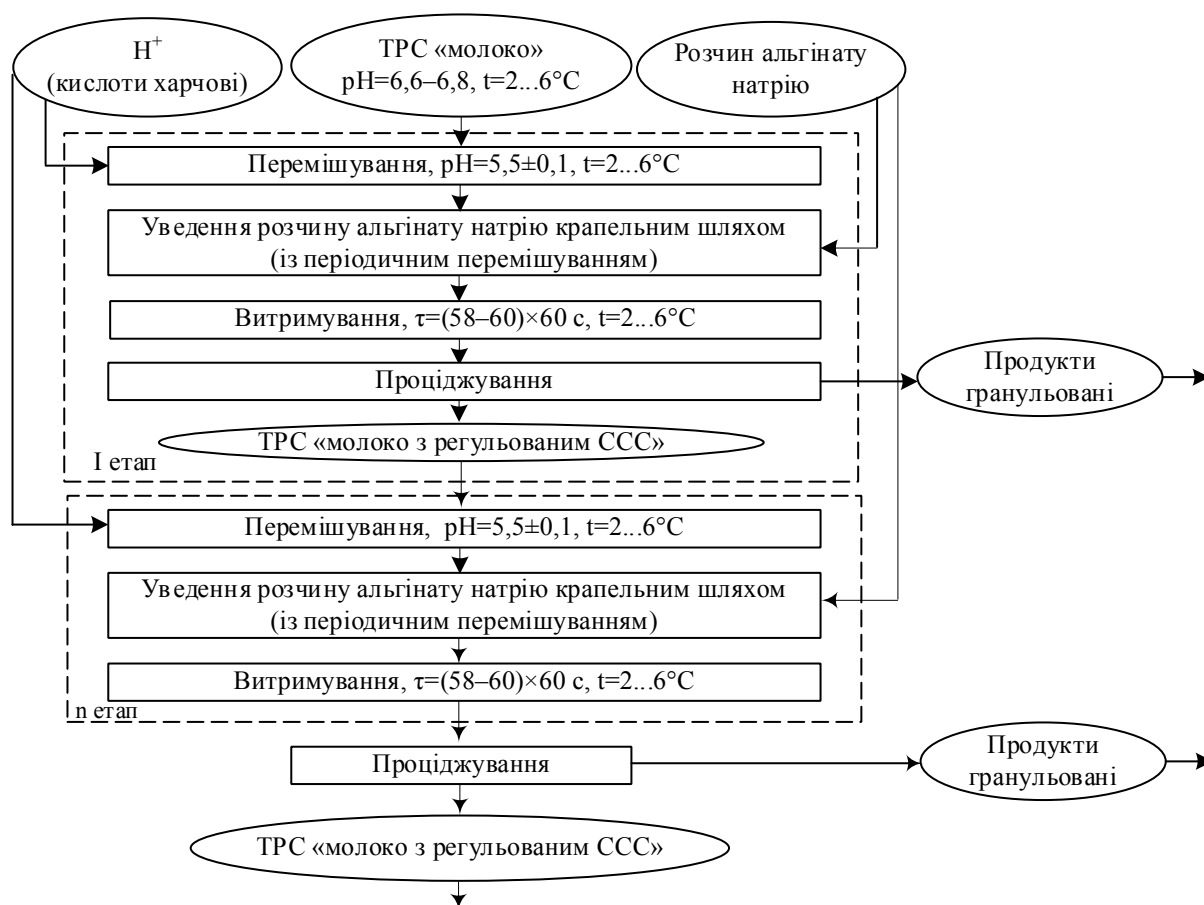


Рис. 4.7. Модель технологічної системи виробництва ТРС «молоко з регульованим ССС»

Під час введення розчину альгінату натрію в ТРС_м за встановлених параметрів відбувається зменшення вмісту Ca_{Lact}^{2+} з одночасним накопиченням їх у сорбенті, що призводить до одержання продукту гранульованого. Останній після кожного етапу вилучається з технологічного процесу виробництва

(основні показники якості продуктів гранульованих та рекомендації з їх використання наведено в підрозділі 5.4) [481, 482].

Результатом іонообміну є виникнення нової фази, яка у часі трансформується із стану « $AlgNa - Ca_{Lact}$ » в « Alg_2Ca_{Lact} ». Розуміючи, що виникнення нової фази у вигляді гелю Alg_2Ca_{Lact} супроводжується полімеризацією $AlgNa$, досліджено молекулярно-масовий розподіл фракцій у складі новоутворених систем (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Молекулярно-масовий розподіл фракцій у складі розчину $AlgNa$ та систем « $AlgNa - Ca_{Lact}$ »

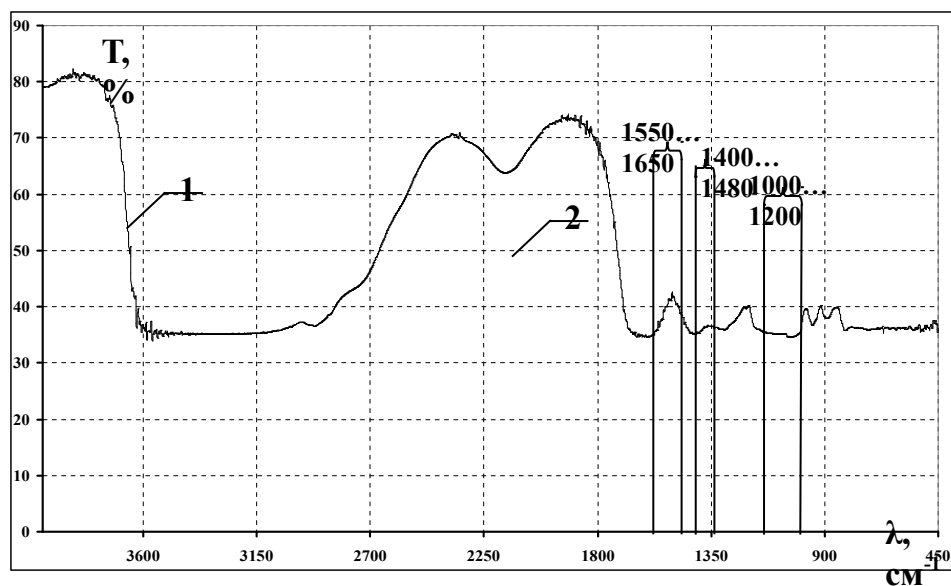
Фракції, М.м.*, кДа	Вміст фракцій (%) у складі розчину $AlgNa$ та систем « $AlgNa - Ca_{Lact}$ » залежно від тривалості сорбції Ca_{Lact}^{2+} та рН					
	$AlgNa$	рН 6,7±0,1			рН 5,5±0,1	
		15·60, с	30·60, с	60·60, с	15·60, с	30·60, с
20	40,5	33,4	13,8	6,8	6,8	3,3
40	12,7	6,7	9,0	3,8	8,3	2,8
70	5,6	3,0	5,4	4,2	4,2	2,8
110	7,0	3,0	4,5	4,9	4,9	2,2
500	4,5	4,7	11,2	12,7	17,9	22,5
1000	9,9	17,0	17,9	15,7	15,9	15,7
2000	19,8	32,2	38,2	51,9	42,0	50,7
Разом	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Середньо-вагова молекулярна маса, \overline{M}_w	542300	852260	1014090	1269710	1101510	1290227
Збільшення \overline{M}_w у n разів	–	n = 1,57	n = 1,87	n = 2,34	n = 2,03	n = 2,38
*Примітка: молекулярні маси маркерів						

Визначено, що значення рН не впливають на процес полімеризації. За рН ТРС_м 5,5±0,1, вірогідно, внаслідок збільшення вмісту іонного лактокальцію (табл. 4.8) за загальних тенденцій зміни молекулярно-масового розділу окремих фракцій спостерігається більш інтенсивне збільшення середньовагової

молекулярної маси – у 2,03 та 2,38 рази відповідно протягом 15·60с та 30·60²с сорбції Ca_{Lact}^{2+} .

При збільшенні тривалості сорбції Ca_{Lact}^{2+} більше за 30·60 с й, відповідно, тривалості процесу, за якого йде іонообмін між *AlgNa* та сольовою системою ТРС_м, має місце одержання високомолекулярних сполук, молекулярну масу яких можливо визначити лише опосередкованими методами, наприклад, як результат дії механо- або термодеструкції.

З метою визначення будови систем «*AlgNa*- Ca_{Lact} », що утворюються за взаємодії *AlgNa* та Ca_{Lact}^{2+} ТРС_м, проведено дослідження ІЧ-спектрів поглинання *AlgNa* та системи «*AlgNa*- Ca_{Lact} » (останні одержували шляхом витримання *AlgNa* у ТРС_м (рН 5,5±0,1) протягом 60·60с.) Дослідження проводились в



спектральному діапазоні від 450 cm^{-1} до 4000 cm^{-1} (4.8).

Рис. 4.8. Інфрачервоні спектри поглинання: 1 – *AlgNa*, 2 – системи «*AlgNa* - Ca_{Lact} »

Аналіз результатів дослідження інфрачервоних спектрів поглинання *AlgNa* дозволяє констатувати наявність невисокої інтенсивності в області 930 см^{-1} , що відповідає глікозидному зв'язку. Складні смуги в області $1000\text{...}1200\text{ см}^{-1}$ відносяться до валентних коливань зв'язку (C–O) ефірної та гідроксильних груп. Також помітна наявність широких та сильних смуг поглинання в області $2800\text{...}3000\text{ см}^{-1}$, що віднесено до валентних коливань СН – груп. Складні та широкі смуги з декількома піками середньої інтенсивності в області $1550\text{...}1650\text{ см}^{-1}$ та $1400\text{...}1480\text{ см}^{-1}$ відповідає валентним коливанням іонізованих карбоксильних груп (COO^-).

Порівняльний аналіз спектрів *AlgNa* та системи «*AlgNa* - Ca_{Lact} » свідчить, що характерна для карбоксильних груп (COO^-) смуга 1730 см^{-1} (рис. 4.8, крива 1) зникає у системі «*AlgNa* - Ca_{Lact} » (рис. 4.8, крива 2), натомість виникає інтенсивна смуга 1620 см^{-1} , що може вказувати на координацію карбоксильних груп (COO^-) навколо кальцієвих центрів хелатного комплексу внаслідок зв'язування Ca_{Lact}^{2+} ТРС_м комплексоутворювачем. Поряд з цим про відсутність неорієнтованих карбоксильних груп (COO^-) свідчить зростання інтенсивності смуги 1424 см^{-1} та відсутність поглинання в області смуги 1730 см^{-1} . Також підтвердженням реакції хелатоутворення є відмінності в області $1400\text{...}1480\text{ см}^{-1}$.

Таким чином визначено та експериментально підтверджено, що регулювання складу сольової системи ТРС_м за використання альгінату натрію та кислотомісної сировини відкриває перспективи щодо створення стабілізованих напівфабрикатів на основі молочної та плодово-ягідної сировини, які можуть піддаватись тепловій обробці зі збереженням колоїдної стабільності.

4.3 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів десертної продукції

Створення напівфабрикатів десертної продукції на основі молочної та плодово-ягідної сировини забезпечить:

– виробництво принципово нової продукції з вираженими перевагами за показниками харчової цінності та сенсорного сприйняття порівняно з аналогами;

– одержання гранульованої продукції на основі альгінат-лактокальцію.

Результатом виведення іонного лактокальцію із ТРС_м є підвищення значення ентропії та зниження рівня загального потенціалу системи, що розширює межі рН зі збереженням колоїдної стабільності декальцифікованого ТРС_м. Технологічними наслідками цього ефекту є можливість створення харчової продукції на основі ТРС_м та плодово-ягідних соків та пюре з кислими значеннями рН. Є очевидним, що без регулювання ССС такий технологічний підхід реалізувати неможливо.

Зменшення іонної сили $\mu_{Ca^{2+}_{Lact}}$ у ТРС_м призведе до зростання дисперсності казеїнових міцел, наслідком чого є підвищення термостабільності декальцифікованого ТРС_м. Останнє є передумовою пастеризації рецептурної суміші, що є ключовим чинником побудови логістичних ланцюгів у сучасних умовах та підвищення конкурентоспроможності нової продукції.

Доцільність вибору плодово-ягідної сировини обумовлено як з органолептичної точки зору, так і з позиції можливості знижувати значення рН ТРС_м. Прогнозується, що введення її до рецептурної суміші забезпечить

теоретично обґрунтований перехід $[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}} - \left[\frac{H^+}{\tau} \right] \rightarrow \mu_{Ca^{2+}_{Lact}}^0 \cdot C_{Ca^{2+}_{Lact}}$ (розділ 3) зі

збільшенням концентрації Ca_{Lact}^{2+} , результатом чого стане зростання кінетики сорбції з подальшою стабілізацією системи, що відповідає умовам (3.33) та (3.34).

Визначено, що обрані для дослідження сік концентрований смородини та пюре персикове за хімічним складом та фізико-хімічними показниками

задовольняють вимогам з точки зору реалізацій технологічного процесу (вміст органічних кислот коливається в інтервалі 1,0...1,3% в перерахунку на лимонну кислоту). Експериментально доведено, що за значень рН ТРС_м 5,0...5,5 та за умов поетапного введення соків чи пюре досягається ефект виведення іонного лактокальцію та забезпечується термостабільність суміші [483, 484]. Для обґрунтування вмісту пюре персикового та соку концентрованого смородини у складі рецептурної суміші досліджено рН систем на їх основі (рис. 4.9).

З огляду на попередні дослідження встановлено, що збільшення співвідношення ТРС_м : сік/пюре сприяє зменшенню рН (рис. 4.9), що за встановлених закономірностей призведе до більш динамічного накопичення

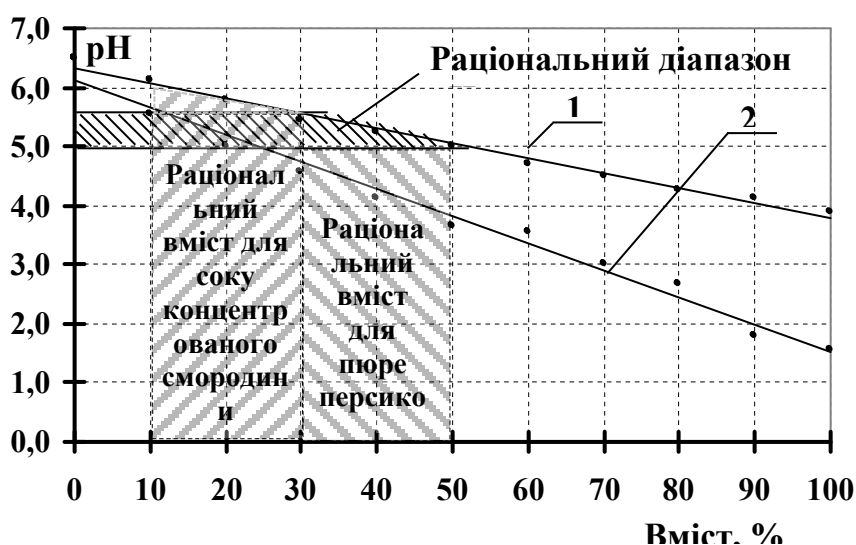
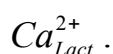


Рис. 4.9. Значення рН рецептурної суміші «ТРС_м – сік/пюре» залежно від вмісту пюре персикового (1) та соку концентрованого смородини (2)

Значення рН 5,0...5,5 досягаються за вмісту пюре персикового 30...50%, соку концентрованого смородини – 10...25%. Саме ці інтервали вмісту соку та пюре використано в подальшому під час розробки рецептурного складу напівфабрикатів десертної продукції.

Виявлено, що зі збільшенням у рецептурній суміші масової частки соку/пюре внаслідок зниження рН системи спостерігається інтенсивний перехід міцелярного лактокальцію в іонний, що опосередовано підтверджено кривими

сорбції Ca_{Lact}^{2+} . (рис. 4.10). Підвищення вмісту плодово-ягідної сировини (не залежно від її виду) значно інтенсифікує процеси сорбції іонного лактокальцію. Так, за використання соку концентрованого смородинового в інтервалі концентрацій 10...25% відзначається зниження вмісту лактокальцію на 12,3...16,8%, пюре перикового (30,0...50,0 %) – на 12,5...17,7% до початкового вмісту.

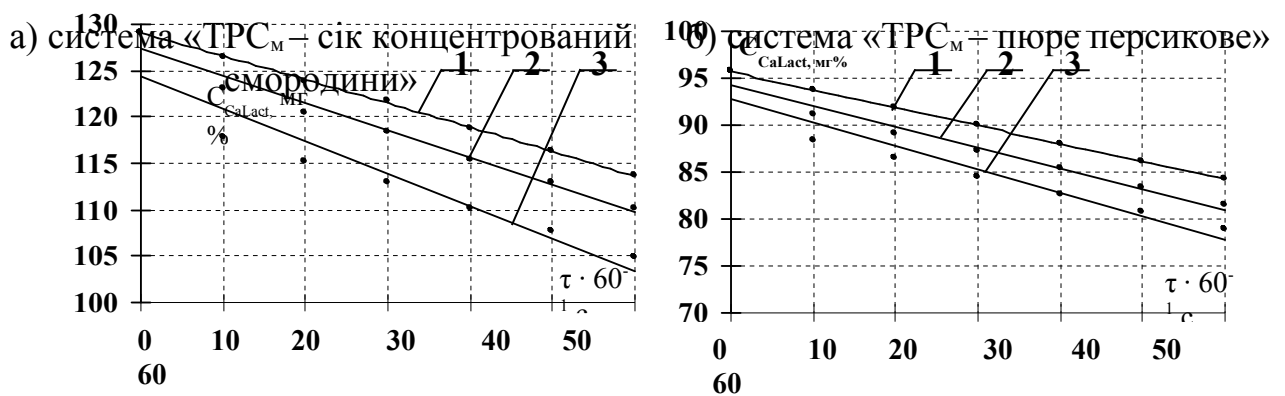
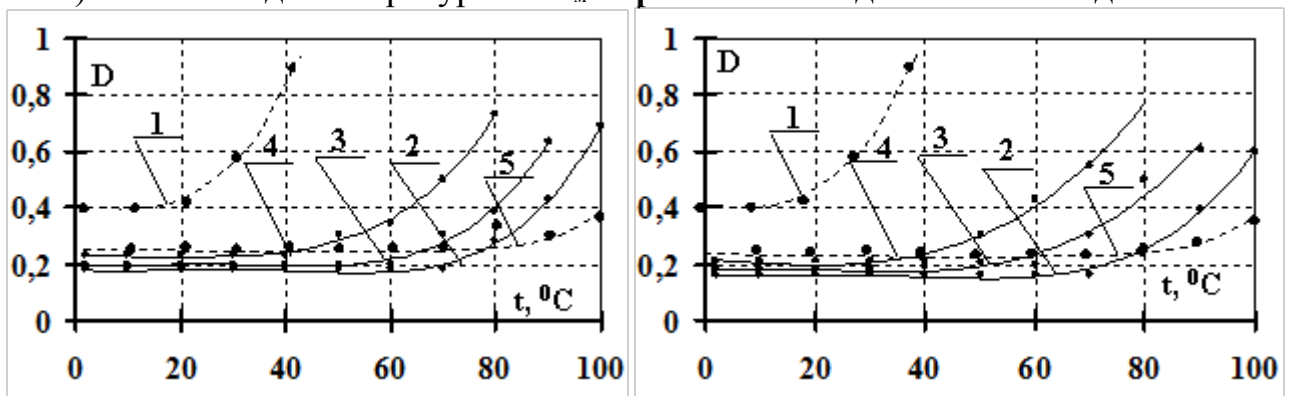


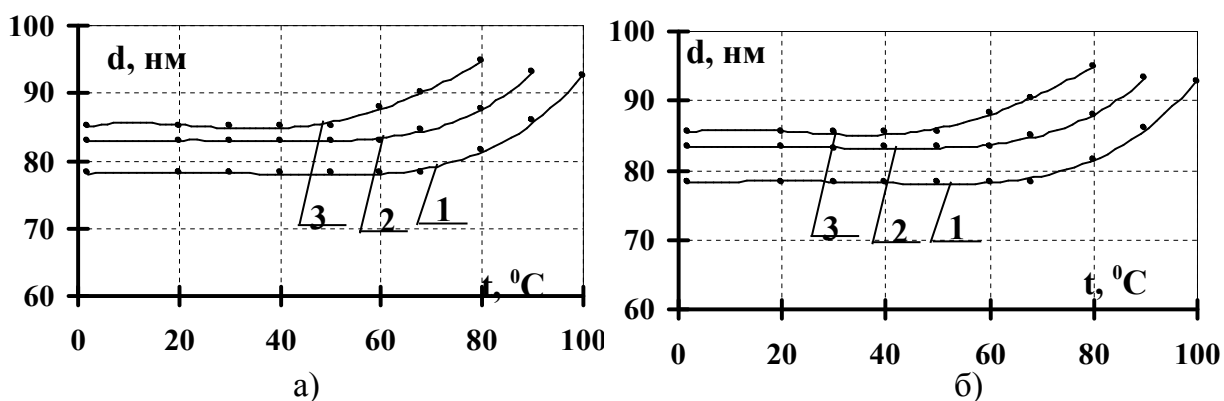
Рис. 4.10. Кінетика сорбції Ca_{Lact}^{2+} з систем « TPC_M – сік/пюре за різного співвідношення складових: а): 1 – 90:10; 2 – 80:20; 3 – 75:25; (б): 1 – 70:30; 2 – 60:40; 3 – 50:50

Доведено, що зниження вмісту іонного лактокальцію призводить до підвищення колоїдної стабільності систем за термічного впливу. Досліджено зміну оптичної густини (рис. 4.11) та середнього діаметру міцел казеїну (рис. 4.12) залежно від температури TPC_M за різного співвідношення складових.



а) система «ТРС_м– сік концентрований смородини» б) система «ТРС_м– пюре персикове»

Рис. 4.11. Оптична густина залежно від температури систем ТРС_м (1, 5 – рН 5,0 та 6,6 відповідно) та «ТРС_м : сік/пюре» за співвідношення молоко знежирене : сік концентрований смородини (а): 2 – 90:10 (рН 5,5); 3 – 82:18 (рН 5,3); 4 – 75:25 (рН 5,0); за співвідношення молоко знежирене : пюре персикове (б): 2 – 70:30 (рН 5,5); 3 – 60:40 (рН 5,3); 4 – 50:50 (рН 5,0)



а) система «ТРС_м– сік концентрований смородини» б) система «ТРС_м– пюре персикове»

Рис. 4.12. Середній діаметр міцел казеїну систем залежно від температури за співвідношення ТРС_м:сік концентрований смородини (а): 1 – 90:10 (рН 5,5); 2 – 82:18 (рН 5,3); 3 – 75:25 (рН 5,0); за співвідношення м ТРС_м:пюре персикове (б): 1 – 70:30 (рН 5,5); 2 – 60:40 (рН 5,3); 3 – 50:50 (рН 5,0)

Встановлено, що частка лінійного участку графічної залежності (криві 1...5, рис. 4.11 та криві 1...3, рис. 4.12) зростає, що свідчить про колоїдну стабільність систем під час теплової обробки. Діапазон температур колоїдної стабільності систем обумовлено вмістом соку концентрованого чи пюре у складі суміші. Одержання перегину кривих пов'язано з вмістом соку/пюре й, відповідно, рН та спостерігається за температур 40...42°C (рН 5,0±0,1), 60...62°C (рН 5,3±0,1) та 72...75°C (рН 5,5±0,1). Це пояснюється наявністю залишкового Ca_{Lact}^{2+} , що не приймає участь у іонообміні, та є чинником колоїдної дестабілізації. Результатом цього є утворення систем з більшими значеннями показників оптичної густини та середнього діаметру міцел казеїну.

Експериментально підтверджено, що для виробництва напівфабрикатів десертної продукції доцільним є використання соку концентрованого смородини за вмісту у суміші 10,0 %, пюре персикового – 30,0 %, що обґрунтовано одержаними результатами дослідження (рис. 4.11 а, б, крива 2; рис. 4.12, крива 1).

Визначено фізико-хімічні показники систем «ТРС_м – сік/пюре» за попередньо встановлених співвідношень (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Фізико-хімічні показники рецептурних сумішей «ТРС_м – плодово-ягідна сировина»

Найменування показника	ТРС _м	Плодово-ягідна сировина		Рецептурні суміші ТРС _м – сік/пюре			
		сік концентрований смородини	пюре персикове	суміш ТРС _м – сік концентрований смородини		суміш ТРС _м – пюре персикове	
				до сорбції	після сорбції	до сорбції	після сорбції
Масова частка сухих речовин, %	9,2±0,2	68,8±1,4	16,6±0,3	15,0±0,3	14,3±0,3	12,1±0,2	11,5±0,2
Титруєма кислотність, °Т	20,0±0,4	–	–	40,0±0,8	25,0±0,2	40,0±0,2	26,0±0,2
Вміст органічних кислот, % лимонної кислоти	–	1,30±0,03	1,00±0,03	–	–	–	-
pH	6,5±0,1	2,5±0,02	3,9±0,01	5,5±0,1	6,2±0,1	5,5±0,1	6,2±0,1
Ефективна в'язкість ($\gamma = 160 \text{ c}^{-1}$), $10^3 \text{ Па} \cdot \text{c}$	2,5±0,1	11,0±0,3	12,8±0,3	3,6±0,1	3,8±0,1	10,1±0,2	10,7±0,2
Алкогольна проба, %	т/с* 75%	–	–	н/т*	т/с*, 70%	н/т*	т/с*, 70%
Вміст лактокальцію, мг%	137,0±1,5	–	–	129,8±1,5	113,6±1,5	95,66±1,2	84,2±1,0

*Примітка: н/т – не термостабільні; т/с – термостабільні

Встановлено, що створення рецептурної суміші на основі ТРС_м з регульованим ССС призводить до корегування значень рН з $5,5 \pm 0,1$ до $6,2 \pm 0,1$, що, вірогідно, є результатом зниження негативного заряду міцел казеїну: середній діаметр міцел казеїну зменшується з 82,4...82,8 нм до 78,1...78,3 нм.

Узагальнення експериментальних даних з обґрунтування параметрів сорбції лактокальцію з ТРС_м, закономірностей впливу процесу сорбції на фізико-хімічні та технологічні показники ТРС_м обґрунтувати раціональні параметри одержання напівфабрикатів десертної продукції на основі сумішей ТРС_м – сік/пюре (табл. 4.10), розробити асортимент, рецептурний склад (табл. 4.11) та технологічний процес виробництва (рис. 4.13) напівфабрикатів десертної продукції [485–489].

Таблиця 4.10

Раціональні параметри одержання напівфабрикатів десертної продукції

Найменування параметрів	Одиниці вимірювання	Вміст
Масова частка лактокальцію у ТРС _м до декальцифікації	мг%	не регламентується
Ступінь декальцифікації ТРС _{сум} (% виведення лактокальцію до початкового значення)	%	10...15
рН ТРС _{сум}		5,4...5,6
Концентрація AlgNa у розчині	%	1,0...2,0
Співвідношення ТРС _{сум} : розчин AlgNa	%	10:1
Тривалість пастеризації	с	(15...20)·60
Температура пастеризації*	°C	73...77
Тиск гомогенізації*	МПа	12,5...15,0
*Примітка. Параметри є типовими для виробництва десертної продукції (морозива), в межах дисертаційного дослідження не обґрунтовувались		

Таблиця 4.11

Рецептурний склад напівфабрикатів десертної продукції

Найменування сировини	Витрати сировини на 100 кг, кг			
	напівфабрикат десертної продукції «Молочно-смородиновий»		напівфабрикат десертної продукції «Вершково-персиковий»	
	брутто	нетто	брутто	нетто
1	2	3	4	5
ТРС _м (молоко знежирене)	70,0	70,0	44,6	44,6
Сік концентрований смородини	7,6	7,6	–	–

Продовження табл. 4.11

1	2	3	4	5
Пюре персикове	–	–	19,2	19,2
Маса суміші молочної та плодово-ягідної сировини	–	77,0		63,0
Альгінат натрію	0,23	0,23	0,19	0,19
Вода питна демінералізована	15,5	15,5	12,6	12,6
Маса розчину альгілату натрію	–	15,7	–	12,8
Цукор білий	15,4	15,4	15,4	15,4
Масло вершкове	5,1	4,9	17,4	16,6
Молоко сухе знежирене	3,4	3,4	5,7	5,7
Стабілізаційна система	0,5	0,5	0,5	0,5
Ванілін	0,03	0,03	0,03	0,03
Всього	–	101,23	–	102,01
Вихід	–	100,0	–	100,0

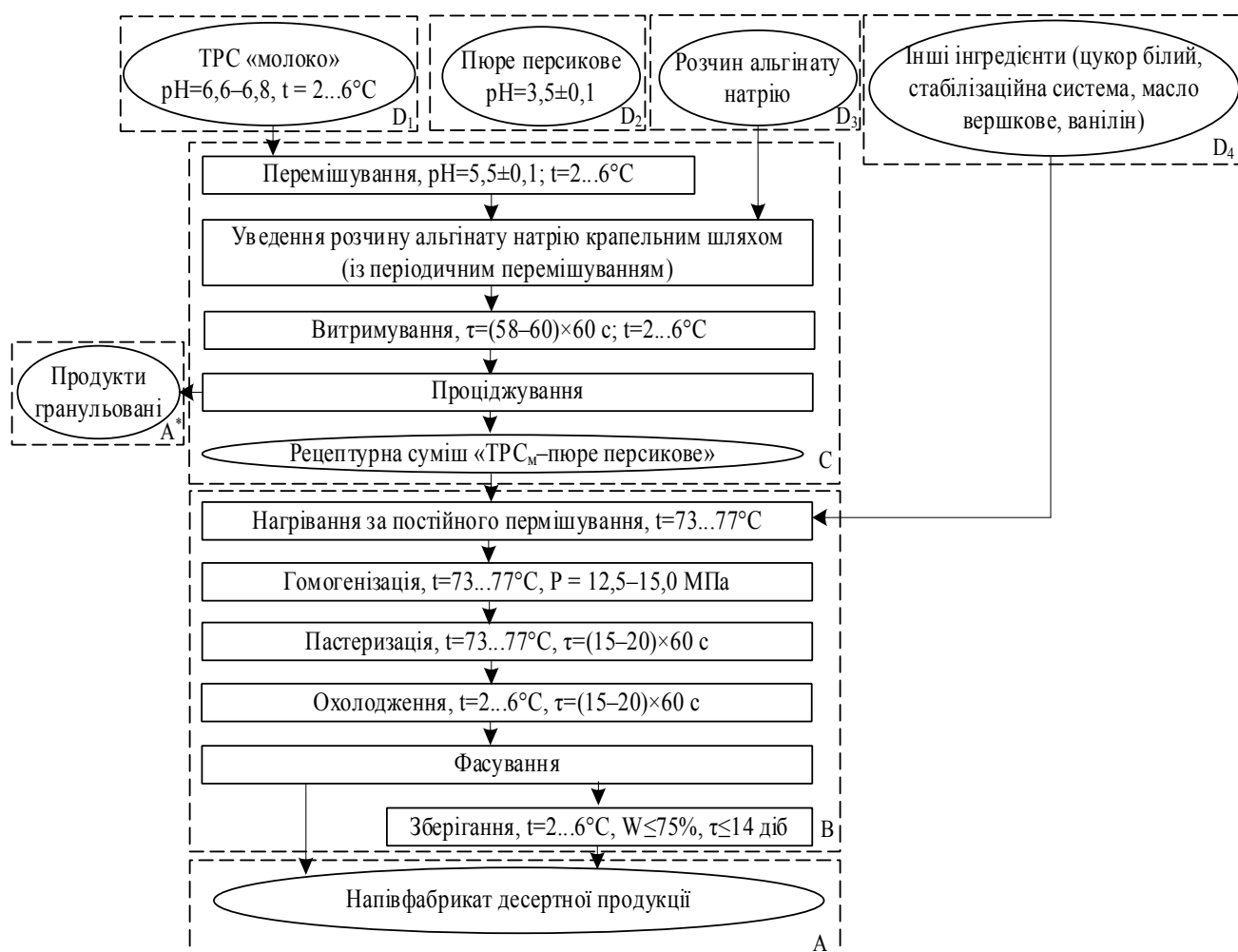


Рис. 4.13. Технологічна схема виробництва напівфабрикату десертної продукції, де А, А*, В, С, $D_1 - D_4$ – підсистеми

Технологічний процес одержання напівфабрикатів десертної продукції передбачає наступні операції:

- ⊖ утворення суміші з ТРС_м та соків чи пюре, що має за мету зниження рН систем та накопичення іонного лактокальцію;
- ⊖ введення до рецептурної суміші розчину альгінату натрію, забезпечення умов сорбції лактокальцію (температура 2...6 °С, тривалість (58...60)·60 с) з наступним вилученням продуктів гранульованих. Протягом визначеного часу відбувається зменшення вмісту Ca_{Lact}^{2+} на 10...15 % до первинного вмісту;
- ⊖ введення інших рецептурних компонентів (стабілізаційна система, масло вершкове, інші), перемішування до однорідної маси з подальшими гомогенізацією, пастеризацією, охолодженням, визріванням.

З огляду на присутність молочного жиру у напівфабрикатах доцільним є проведення гомогенізації за температури 73...77 °С та тиску 12,5...15,0 МПа з метою забезпечення високої дисперсності жирових кульок у розроблених напівфабрикатах, після чого їх пастеризують ($t = 73...77$ °С, $\tau = (15...20) \cdot 60$ с).



Рис. 4.14. Фотографічне зображення споживчого пакування напівфабрикатів десертної продукції

Обробку суміші проводять у неперервному

потоці, без доступу повітря, чим забезпечується

висока ефективність пастеризації.

Одержання кінцевого продукту – напівфабрикатів

десертної продукції передбачає підготовку до реалізації та безпосередньо реалізацію в термін не більш, ніж 14 днів за температури 2...6 °С. Для цього напівфабрикати десертної продукції охолоджують до температури 2...6 °С з метою

запобігання розвитку мікробіологічних процесів фасують у споживчу тару масою 0,5...10,0 кг, закупорюють та маркують. Зовнішній вигляд напівфабрикатів десертної продукції представлено на рис. 4.14.

На основі проведених досліджень розроблено та затверджено технічні умови ТУ У 15.8-01566330-264:2013 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини», Зміну №1:2018 та технологічну інструкцію з їх виробництва (додаток Д.1–Д.4) [490].

4.4 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів з сиру кисломолочного

Цілеспрямоване регулювання технологічних властивостей TPC_m шляхом регулювання ССС дозволяє одержати не тільки стабілізовані напівфабрикати десертної продукції, які характеризуються термо- та кислотостійкістю. Виявлені закономірності впливу лактокальцію на колоїдну стабільність TPC_m , зокрема коагуляційні процеси, дозволяють спрогнозувати можливість одержання білкових коагулятів як основи напівфабрикатів з сиру кисломолочного. Використання TPC_m з регульованим ССС для виробництва сиру кисломолочного та напівфабрикатів на його основі шляхом зміни вмісту та стану кальцію дозволить скорегувати їх властивості, зокрема вологоутримуючу здатність, формостійкість, дисперсність, що є важливим з огляду на використання в технології кулінарної та кондитерської продукції. Для одержання напівфабрикатів з сиру кисломолочного необхідно забезпечити:

- на першому етапі – формування необхідних технологічних та фізико-хімічних показників сиру кисломолочного як структурної основи напівфабрикатів (ВУЗ, масова частка води, дисперсність білкових частинок);
- на другому етапі – підвищення розчинності білків шляхом модифікації їх властивостей.

Аналітично доведено, що вирішення завдань першого етапу можливо досягти за використання як основної сировини для виробництва сиру кисломолочного ТРС_м з регульованим ССС. Відповідно до розуміння ролі лактокальцію у перебігу кислотної коагуляції білків ТРС_м, керований процес регулювання ССС дозволить підвищити рівень дисоціації казеїнових міцел, одержати високодисперсні за розмірами скоагульовані білкові частинки. Щодо другого етапу, то загальновідомо, що білки сиру кисломолочного, зокрема, казеїни, знаходяться у нерозчинному стані. Задля реалізації функціонально-технологічних властивостей необхідно перевести їх у розчинний стан за впливу технологічних чинників. То за різноваріантності підвищення вмісту розчинних білків (введення білкових концентратів, солей-плавників) створення сирно-молочних сумішей на основі сиру кисломолочного та ТРС_м з регульованим ССС, у складі якого внаслідок реакції іонообміну суттєво зменшується вміст лактокальцію та збільшується натрію, дозволить «запустити» процес солубілізації (колоїдного розчинення) казеїнових міцел, наслідком чого стане підвищення масової частки розчинного білка у дисперсійному середовищі системи [491–493]. З урахуванням зазначеного необхідно:

–встановити закономірності впливу технологічних чинників на органолептичні, фізичні, фізико-хімічні, структурно-механічні показники та мікроструктуру сиру кисломолочного як структурної основи напівфабрикатів;

–дослідити емульгуючу ємність та стабільність емульсій на основі сирно-молочних сумішей з ТРС_м з регульованим ССС;

–визначити закономірностей зміни органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних показників напівфабрикатів з сиру кисломолочного під впливом технологічних чинників

Досліджено накопичення іонного лактокальцію під час ферментації ТРС_м

(рис. 4.15).

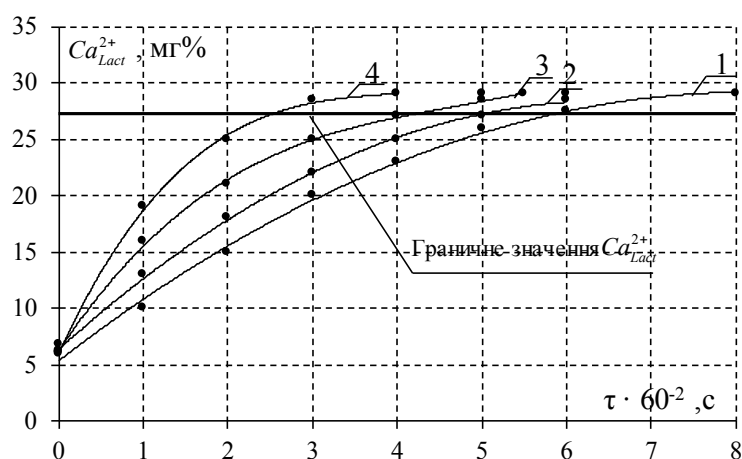


Рис. 4.15. Накопичення іонного Ca_{Lact}^{2+} під час ферментації ТРС_м за різного його вмісту, мг%: 1 – 132...137; 2 – 110...123; 3 – 90...105; 4 – 65...72

Аналіз даних, наведених на рис. 4.15 дозволяє визначити закономірності накопичення іонного лактокальцію під час ферментації ТРС_м за різного його вмісту. Видно, що залежно від ступеня декальцифікації тривалість накопичення граничного значення Ca_{Lact}^{2+} ($28,1 \pm 0,1$ мг%) коливається від $7,8 \times 60^2$ с (зразок 1, контроль) до $4,0 \times 60^2$ с (зразок 4). Процес ферментації призводить до перерозподілу міцелярної та іонної форм лактокальцію у системі, це зміщує рівновагу в системі в бік накопичення іонного лактокальцію [494].

Здійснено органолептичну оцінку згустку, сироватки та сиру кисломолочного; досліджено ВВЗ згустку, вміст сухих речовин та білка у сироватці, кислотність, вологість та вихід сиру кисломолочного (табл. 4.12...4.14).

Таблиця 4.12

Фізико-хімічні та органолептичні показники сироватки та згустку,

одержаного з ТРС_м за різного вмісту Ca_{Lact}^{2+}

Найменування показника	Характеристика зразків за вмісту Ca_{Lact}^{2+} в системі, мг% / % виведення Ca_{Lact}^{2+} до початкового значення			
	1 132...137 контроль	2 110...123 10...15%	3 90...105 25...30%	4 65...72 45...52%
Масова частка сухих речовин у сироватці, %	$5,8 \pm 0,1$	$5,8 \pm 0,1$	$6,2 \pm 0,1$	$7,3 \pm 0,1$

Масова частка розчинного білка у сироватці, %	1,0±0,1	1,0±0,1	1,1±0,1	1,5±0,1
Масова частка мінеральних речовин, %	0,60±0,01	0,60±0,01	0,59±0,01	0,58±0,01
в т. ч. Ca_{Lact}^{2+} , мг%	50±1	50±1	50±1	50±1
ВВЗ згустку, см ³ сироватки	3,0±0,1	2,5±0,1	2,4±0,1	2,0±0,1
Характеристика сироватки	Прозора, блідо-зеленувата	Прозора, блідо-зеленувата	Злегка мутна, біло-зеленувата	Мутна, з білковим пилом
Характеристика згустку	Щільний, з характерним сколом, добре відділяє сироватку		Щільний, злегка в'язкуватий	Не щільний, погано відділяє сироватку

Експериментально встановлено, що зменшення вмісту лактокальцію у ТРС_м впливає на органолептичні та фізико-хімічні показники сироватки та згустку. Виявлено, що зі зменшенням вмісту лактокальцію (у ряду зразків 1→4) збільшується вміст сухих речовин у сироватці – з 5,8±0,1 % до 7,3±0,1 % відповідно. Це обумовлено розпадом міцел казеїну на дрібні субміцели, які залишаються в сироватці після відділення згустку, й підтверджується підвищенням масової частки розчинного білка у сироватці

Досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники, вихід сиру кисломолочного, одержаного з ТРС_м за різного вмісту лактокальцію (табл. 4.13, 4.14), розрахунковим шляхом визначено ступінь використання сухих речовин ТРС_м.

Таблиця 4.13

Органолептичні показники сиру кисломолочного, одержаного з ТРС_м за різного вмісту лактокальцію

Найменування показника	Характеристика зразків за вмісту Ca_{Lact}^{2+} в системі, мг% / % виведення Ca_{Lact}^{2+} до початкового значення			
	1	2	3	4
_____	132...137	110...123	90...105	65...72
_____	контроль	10...15%	25...30%	45...52%
Консистенція та	Розчипчаста,	Мазка,	М'яка,	Неоднорідна,

зовнішній вигляд	крупінчаста, з вираженою зернистістю, незначне виділення сироватки	крупінчастість відсутня, сироватка не відділяється	крупінчастість відсутня, з незначною кількістю сироватки, що відділяється	з вираженою зернистістю та крупінчастістю, значною кількістю сироватки, що відділяється
Смак та запах	Характерний кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів			
Колір	Білий, з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою			

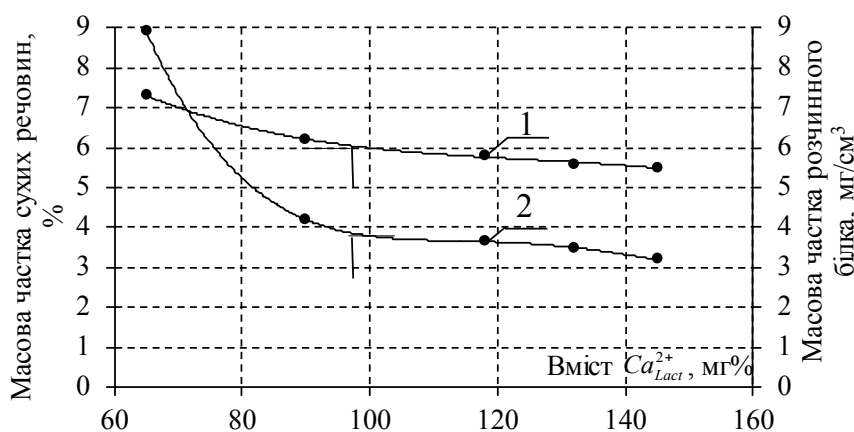
Таблиця 4.14

Фізико-хімічні показники сиру кисломолочного, одержаного з

ТРС_м за різного вмісту лактокальцію

Найменування показника	Характеристика зразків за вмісту Ca_{Lact}^{2+} в системі, мг% / % виведення Ca_{Lact}^{2+} до початкового значення			
	1 132...137 контроль	2 118...123 10...15%	3 90...105 25...30%	4 65...72 45...52%
Масова частка вологи, %	75,3±0,1	75,7±0,1	76,8±0,1	67,6±0,1
Масова частка білка, %	18,9±0,1	18,5±0,1	18,3±0,1	17,2±0,1
Масова частка мінеральних речовин, %	1,25±0,05	1,16±0,05	1,14±0,05	1,10±0,05
pH	4,6±0,1	4,6±0,1	4,6±0,1	4,9±0,1
ВУЗ, %	42,0±1,0	49,6±1,0	52,2±1,0	33,5±1,0
Вихід, %	15,7±0,5	16,5±0,5	18,9±0,5	11,6±0,5
Ступінь використання сухих речовин ТРС _м , %	55	54	54	46

Узагал
дозволяє вия
за незмінни
зовнішній ви



с. 4.16, 4.17)
цьцю у ТРС_м
жистенцію та

Рис. 4.16. Масова частка сухих речовин (1) та розчинного білка (2) у ТРС_с, одержаного під час ферментації ТРС_м з регульованим ССС залежно від вмісту Ca_{Lact}^{2+}

Контрольний зразок 1 характеризується розсипчастою, крупінчастою консистенцією, з вираженою зернистістю та незначним виділенням сироватки. Для зразків 2...3 характерним є мазка консистенція, відсутність крупінчастості та відділення сироватки. Достовірно встановлено, що у ряду зразків 1→3 спостерігається підвищення масової частки вологи, незначне зменшення масової частки білка. Слід зазначити, що закономірності зміни ВУЗ, виходу сиру кисломолочного та ступеня використання сухих речовин ТРС_м носять декілька інший (екстремальний) характер. Виявлено, що зменшення вмісту лактокальцію у ТРС_м на 10...30 % (зразки 2, 3) призводить до підвищення ВУЗ та виходу. Одночасно виведення лактокальцію з ТРС_м у кількості 45...52 % (зразок 4) суттєво погіршує вищезначені показники. Для зразка 4 характерним є зменшення ВУЗ до $33,5 \pm 1,0$ %, виходу – до $11,6 \pm 0,5$ %. Одержаний розрахунковим шляхом показник ступеня використання сухих речовин ТРС_м повністю корелює з вищезначеними закономірностями.

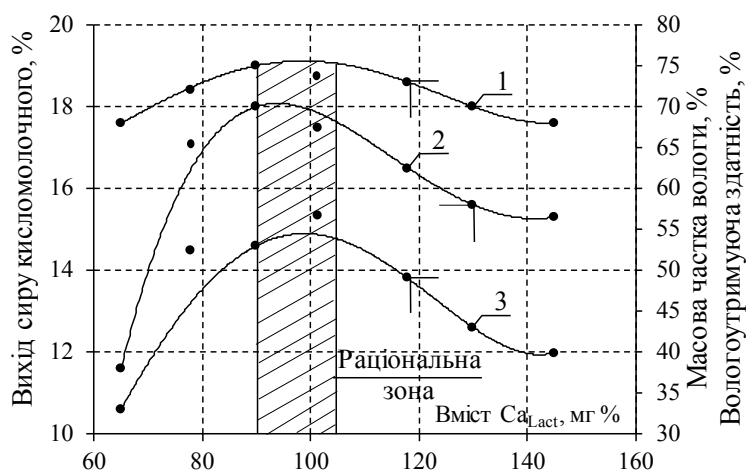


Рис. 4.17. Масова частка води (1), вихід (2) і ВУЗ (3) сиру кисломолочного, одержаного з ТРС_м з регульованим ССС залежно від вмісту Ca_{Lact}^{2+}

Для встановлення впливу вмісту лактокальцію ТРС_м на властивості дисперсної системи, якою є сир кисломолочний, здійснено порівняльний аналіз мікроструктури та розмірів частинок дисперсної фази контрольного та дослідних зразків продукту (рис. 4.18).

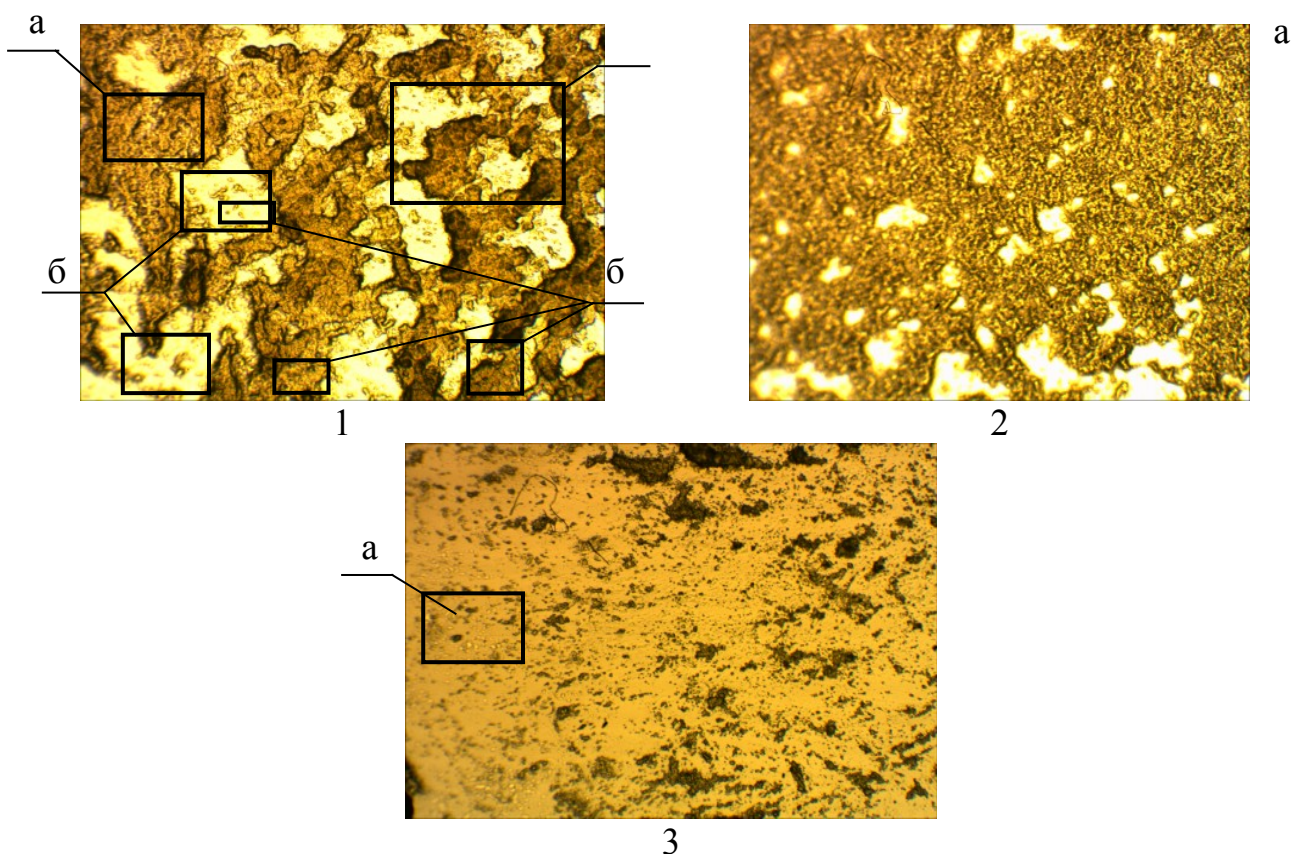


Рис. 4.18. Мікроструктура (за збільшення $\times 40$ разів) сиру кисломолочного, одержаного з ТРС_м за вмісту лактокальцію, мг% (1 – 132...137; 2 – 90...105, 3 – 65...72); а – білкові зерна, б – мікропорожнини

Виявлено, що структура всіх зразків складається з одних і тих же структурних елементів – макрозерен, що мають включення у вигляді

мікрозерен, відокремлених один від одного рідинними прошарками з макропорожнечами (капілярами). Останні визначають структурні властивості кислотних гелів – пористість та проникність, які залежать від розмірів та кількості капілярів. Це, в свою чергу, впливає на ступінь синерезису та вологоутримуючу здатність продукту [495].

Порівняльний аналіз мікроструктури зразків сиру кисломолочного дозволяє стверджувати про відмінності характеру розподілу дисперсної фази у вигляді конгломератів білкових частинок, макропорожнеч у контрольному та дослідних зразках. Так, зразок 1 (контроль) характеризується неоднорідною структурою, містить добре помітні макропорожнечі, які, по-суті, є капілярами. Зменшення вмісту лактокальцію у ТРС_м призводить до одержання сиру кисломолочного (зразки 2, 3), які мають більш однорідну дрібнодисперсну структуру. Мікроструктура зразка 3 не містить прошарків та порожнеч, складається з білкових зерен однакової форми, характеризується рівномірним їх розподілом за всім об'ємом. Узагальнені дані щодо розподілення білкових частинок сиру кисломолочного за розмірами наведено в табл. 4.15.

Таблиця 4.15

Розподілення білкових частинок сиру кисломолочного за розмірами, одержаного з ТРС_м за різного вмісту лактокальцію

Найменування показника	Вміст білкових частинок у зразках сиру кисломолочного за вмісту Ca_{Lact}^{2+} в системі, мг% / % виведення Ca_{Lact}^{2+} до початкового значення			
	1 132...137 контроль	2 110...123 10...15%	3 90...105 25...30%	4 65...72 45...52%
$\leq 10,0$	13,3	22,3	36,7	40,1
$10,0 < L \leq 20,0$	36,8	40,2	46,7	47,3
$20,0 < L \leq 30,0$	33,3	24,4	7,6	7,5
$30,0 < L \leq 40,0$	10,0	10,0	9,0	5,1
$> 40,0$	6,6	3,1	–	–
Взагалі	100,0	100,0	100,0	100,0
Середній діаметр	21,9	19,4	15,7	14,8

Аналіз даних (рис. 4.18, табл. 4.15) дозволяє виявити, що мікроструктуру контрольного зразка 1 представлено переважно білковими частинками з еквівалентним діаметром 10...30 мкм, на частку яких припадає 83,4 %. 13,3 % складають часточки з розміром менше 10,0 мкм. Решта (16,6 %) становлять частки з еквівалентним діаметром >30,0 мкм. У зразках сиру кисломолочного, виготовленого з ТРС_м зі зниженим вмістом лактокальцію (рис. 3.8, 2...3), спостерігається перерозподіл еквівалентного діаметра білкових частинок у бік підвищення їх дисперсності. Ще більш високою дисперсністю характеризується зразок 4, у складі якого переважаючими є білкові частинки з еквівалентним діаметром $\leq 10,0$ мкм та $20,0 < L \leq 30,0$.

Узагальнення результатів дослідження дозволяє визначити, що раціональним є виведення з ТРС_м як технологічної системи 25...30 % лактокальцію до початкового значення. За цих умов утворюється сир кисломолочний, який характеризується мазкою консистенцією, з відсутністю крупінчастості та відділення сироватки. Вищезначений зразок сиру кисломолочного порівняно з контрольним зразком характеризується більшим в 1,2 рази показником ВУЗ ($52,2 \pm 1,0$ % проти $42,0 \pm 1,0$ %), більшою масовою часткою вологи ($76,8 \pm 1,0$ % проти $75,3 \pm 1,01$ %), що збільшує вихід готового продукту на 16,9 %. Під час декальцифікації ТРС_м спостерігається зменшення масової частки сухих речовин (з $9,55 \pm 0,1$ % до $8,57 \pm 0,1$ % відповідно) переважно за рахунок вмісту лактози. Однак, при цьому ступінь використання сухих речовин ТРС_м практично не змінюється й складає 55 % та 54 % відповідно.

Встановлено, що за вищезначених раціональних параметрів декальцифікації ТРС_м утворюється однорідна дрібнодисперсна структура сиру кисломолочного без прошарків та порожнеч. Ця структура містить білкові зерна однакової форми, що повною мірою корелює з розмірними характеристиками білкових частинок. Підтверджено, що зі зниженням вмісту лактокальцію у ТРС_м спостерігається підвищення дисперсності казеїнових фракцій, що призводить до підвищення седиментаційної стійкості їх водних дисперсій.

Одержані результати повною мірою співвідносяться з фундаментальними дослідженнями щодо впливу зв'язування лактокальцію шляхом іонообмінної обробки на дисоціацію казеїнових міцел [44, 69, 70, 109, 147]. Авторами досліджень відзначається, що процес декальцифікації ТРС_м супроводжується підвищенням розчинності казеїнових міцел та зміною їх структури з підвищенням функціональності останніх.

З урахуванням одержаних результатів, в межах яких визначено раціональні параметри декальцифікації ТРС_м (виведення з системи 25...30 % лактокальцію до початкового значення), надалі дослідження структурно-механічних показників, форм зв'язку та інших показників сиру кисломолочного здійснювали для зразка 3 (вміст лактокальцію 90...105 мг%) порівняно з контрольним зразком 1 (вміст лактокальцію 132...137 мг%). Структурно-механічні властивості дослідних зразків визначали за кривими деформації в умовах лінійної течії. Зведені дані структурно-механічних показників наведено у табл. 4.16.

Таблиця 4.16

Зведені дані структурно-механічних показників сиру кисломолочного, виготовленого з ТРС_м та ТРС_м з регульованим ССС

Позначення	Найменування показника	Значення показників для сиру кисломолочного, одержаного з	
		ТРС _м (вміст лактокальцію 132...137 мг%), м.ч. вологи 75,3±0,1 %	ТРС _м з регульованим ССС (вміст лактокальцію 90...105 мг%), м.ч. вологи 76,8±0,1 %
$\gamma_{зв.}$	Зворотна деформація	$5,75 \times 10^{-3}$	$8,23 \times 10^{-3}$
$\gamma_{нез.}$	Незворотна деформація	$2,25 \times 10^{-3}$	$2,03 \times 10^{-3}$
$\gamma_{заг.}$	Загальна деформація	$8,00 \times 10^{-3}$	$10,25 \times 10^{-3}$
I	Податливість, Па ⁻¹	$1,22 \times 10^{-3}$	$1,57 \times 10^{-3}$
$G_{пр.}$	Миттєвий модуль пружності, Па	$3,9 \times 10^3$	$2,8 \times 10^3$
$G_{ел.}$	Модуль еластичності (Па)	$1,6 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$
η^*_{0}	Пластична в'язкість,	$1,57 \times 10^7$	$1,74 \times 10^7$

	Па·с		
<i>K</i>	Відношення деформації зворотної до загальної	0,72	0,80

Згідно класифікації Ребіндера А.П. сир кисломолочний відноситься до твердоподібних молочних продуктів, грубодисперсна пастоподібна система яких володіє граничним напруженням зсуву для пластично-пружного тіла. Типовими реологічними властивостями для неї є: пластична в'язкість, тиксотропія, модуль пружності [496]. Аналіз динаміки розвитку деформації зразків сиру кисломолочного показує, що для них характерна наявність незворотної деформації плинину. Для зразків сиру кисломолочного з ТРС_м з регульованим ССС абсолютна величина загальної деформації порівняно з контрольним зразком збільшується в 1,3 рази ($10,3 \cdot 10^{-3}$ Па проти $8,0 \cdot 10^{-3}$ Па); одночасно спостерігається відносне збільшення частки зворотної деформації у її загальному обсязі (з 0,72 до 0,8), що свідчить про зростання пластичних властивостей.

Зразки сиру кисломолочного характеризуються близькими значеннями в'язкості, які для сиру кисломолочного з ТРС_м та ТРС_м декальцифікованого становлять $1,57 \cdot 10^7$ Па·с та $1,74 \cdot 10^7$ Па·с відповідно.

Досліджено форми зв'язку вологи зразків сиру кисломолочного. Термоаналітичні криві (ТГА), які наведено на рис. 4.19, свідчать, що під час нагрівання зразків сиру кисломолочного спостерігається монотонне зменшення маси; температура початку втрати вологи для зразків сиру кисломолочного та сиру кисломолочного з ТРС_м декальцифікованого становить $31,1 \pm 0,1$ °С та $34,0 \pm 0,1$ °С відповідно. Процес розкладання зразків відбувається ендотермічно в декілька стадій: на кривих зафіксовано ендоефекти, положення яких декілька різняться.

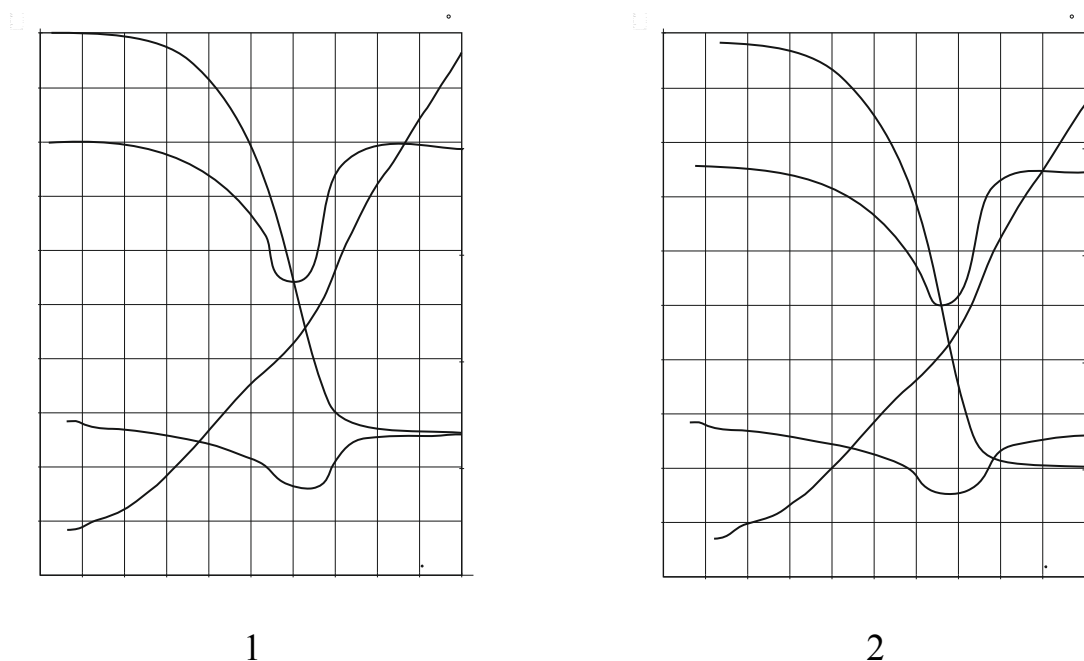


Рис. 4.19. Дериwатограми зразків сиру кисломолочного, одержаних з:
1 – ТРС_м; 2 – ТРС_м декальцифiкованого

Кожна стадія (діапазон) характеризує певний процес, який відбувається у зразках за температурного впливу. Під час нагрівання зразків сиру кисломолочного в температурному інтервалі 31...55 °С (I діапазон) інтенсивність виділення вологи з білкової матриці зразків є невисокою, втрати маси складають 2 %. Це може бути вільна волога, яка знаходиться в порожнинах зразків. У температурному інтервалі 55...85 °С (II діапазон) інтенсивність втрати вологи значно збільшуються (10 % та 8 % відповідно для контрольного та дослідного зразків). Вочевидь, що втрати маси зразками сиру кисломолочного з ТРС_м декальцифiкованого за більшої вологості є декілька меншими. Це, вірогідно, пояснюється як більшим вмістом розчинних білків у складі сиру кисломолочного з ТРС_м декальцифiкованого й колоїдним станом сиру кисломолочного, який є кислотним ліогелем з високою здатністю до синерезису. Відомо, що ступінь синерезису пов'язано з двома структурними властивостями гелю – пористістю та проникливістю, які залежать від розмірів та кількості капілярів. Одержані результати повною мірою корелюють з результатами дослідження пористості та середнього діаметра капілярів. У температурному інтервалі 85...140 °С (III діапазон) спостерігається значний

ендотермічний пік, який віддзеркалює суттєве зниження гідратаційної здатності білків, видалення вологи, що є зв'язаною з білками. Температурні інтервали максимальної швидкості випаровування вологи різняться між собою й становлять для контрольного та дослідного зразків 110...130 °C та 112...140 °C відповідно. Наявність більш широкого інтервалу максимальної швидкості випаровування вологи свідчить про більш високий ступінь зв'язування вологи, що, вірогідно, пояснюється більшою гідрофільністю системи за рахунок збільшення у дисперсійному середовищі розчинних білків. Зведені дані термографічного аналізу зразків наведено в табл. 4.17.

Таблиця 4.17

Зведені дані термографічного аналізу зразків сиру кисломолочного

Найменування зразків	Температура початку втрати вологи, °C	Температурний інтервал максимальної швидкості випаровування вологи, °C	Швидкість випаровування вологи в інтервалі максимальної швидкості, °C /с	Втрати маси зразків в інтервалі максимальної швидкості, % до початкової маси
Сир кисломолочний (контрольний зразок)	31,0±0,1	110...130	0,03	21,2±0,1
Сир кисломолочний з ТРС _м декальцифікованого	34,0±0,1	112...140	0,03	30,0±0,1

Більш детальну інформацію щодо форм зв'язку води одержано, ґрунтуючись на основних положеннях молекулярно-кінетичної теорії, до методів досліджень якої відноситься ЯМР-радіоспектроскопія. При аналізі даних ЯМР виходили з розуміння, що часи релаксації протонів водню корелюють з так званою рухливістю молекул води. Чим більше величина T_2 , тим ближче рухливість молекул води в системах до чистої дистильованої води. Утворення фізико-хімічних або хімічних зв'язків води з іншими компонентами системи відображаються на різкій зміні часу T_2 . У табл. 4.18 наведено результати дослідження тривалості спін-спінової релаксації зразків сиру кисломолочного.

Таблиця 4.18

Тривалість спін-спінової релаксації зразків сиру кисломолочного

Найменування зразків				Рухливість молекул води ($T_2 \times 10^{-3}$), с
Сир	кисломолочний	з	ТРС _м	44,0±1,0
(контрольний зразок)				
Сир	кисломолочний	з	ТРС _м	27,0±1,0
декальцифікованого				

Встановлено, що тривалості спин-спінової релаксації зразків сиру кисломолочного суттєво різняться між собою: значення рухливості води для зразка сиру кисломолочного з ТРС_м декальцифікованого в 1,6 рази є меншим порівняно з контрольним зразком. Виявлено також декілька менший рівень амплітуди ехо у дослідному зразку (сир кисломолочний з ТРС_м декальцифікованого), що свідчить про меншу кількість протонів водню та їх рухливість порівняно з контрольним зразком.

Задля виявлення ролі лактокальцію у формуванні структури казеїнових міцел наведено дані електронної мікроскопії (рис. 4.20). Видно, що дослідні зразки відрізняються один від одного як за загальною організацією структури, так й за характером поверхні. Так, зразок, який одержано з ТРС_м, являє собою міцелу, яку побудовано за рахунок наявності кальцій-фосфатних містків. Розміри міцели напряму пов'язано зі вмістом фосфату лактокальцію: чим його більше, тим збільшується кількість субміцел у складі угруповання. Зразок 2, порівняно зі зразком 1, характеризується наявністю більш дрібних міцелярних утворень, має більш рихлу пористу структуру. Відмінності, вірогідно, пов'язано з наступним. Зсув сольової рівноваги внаслідок зменшення вмісту лактокальцію у ТРС_м є причиною виходу лактокальцію із міцел казеїну, який раніше було зв'язано з фосфосерином. За цих умов має місце розпад міцел на більш дрібні об'єднання субміцел.

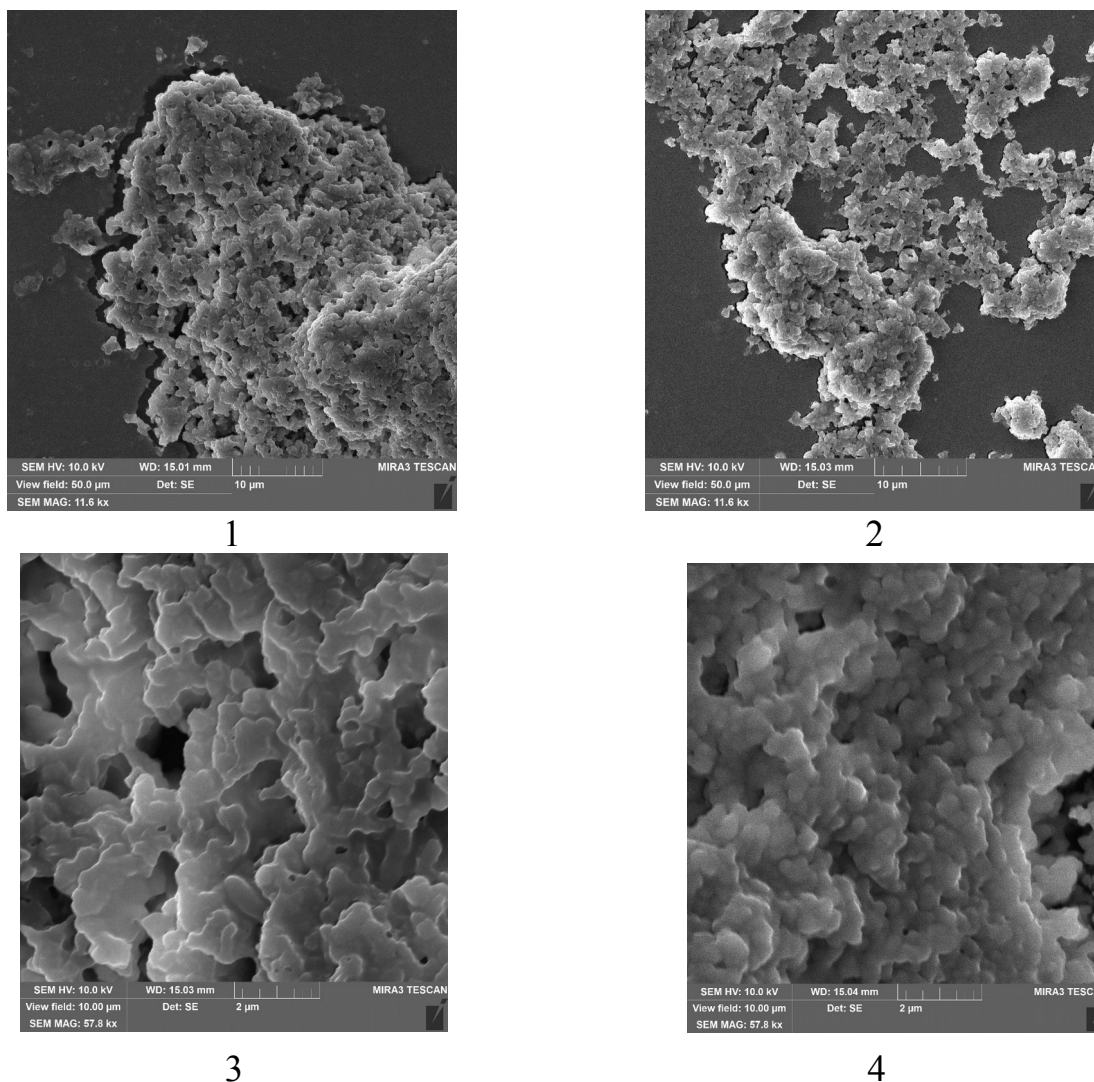


Рис. 4.20. Структура казеїнових міцел білкових коагулятів (рН $4,7 \pm 0,1$) з: 1, 3 – ТРС_м; 2, 4 – ТРС_м з регульованим ССС

Таким чином, проведені дослідження дозволили виявити позитивний вплив декальцифікації ТРС_м на структурно-механічні показники та форми зв'язку води сиру кисломолочного, який досягається за раціональних параметрів декальцифікації – видалення з ТРС_м 25...30 % лактокальцію від початкового його вмісту.

Досліджено вплив складу сирно-молочних сумішей з декальцифікованої молочної сировини на закономірності утворення та властивості систем з емульсійною пастоподібною структурою. На підставі розуміння того, що виявлення функціонально-технологічних властивостей білків сиру кисломолочного суттєво залежить від їх розчинності, досліджено вплив рН на

розчинність білків сиру кисломолочного, який виготовлено з ТРС_м з регульованим ССС порівняно з контрольним зразком. Виявлено, що зміна рН систем на основі сиру кисломолочного призводить до підвищення вмісту розчинного білка у дисперсійному середовищі.

Важливим (з огляду на відмінні від контрольного зразка сиру кисломолочного технологічні властивості) є більш високі темпи накопичення розчинних білків у зразках на основі сиру кисломолочного, одержаного з ТРС_м декальцифікованого. Ґрунтуючись на одержаних даних, можна припустити, що створення сирно-молочних сумішей з ТРС_м з регульованим ССС, за умов, що ТРС_м є джерелом іонів натрію й буде корегувати рН систем, дозволить підвищити у дисперсійному середовищі суміші вміст розчинних білків й, отже, реалізувати їх властивості під час емульгування жирової фази.

Встановлено, що зі збільшенням у суміші вмісту ТРС_м з регульованим ССС спостерігається підвищення рН систем – з $4,7 \pm 0,1$ до $5,3 \pm 0,1$ за одночасного підвищення масової частки розчинного білка у водній фазі дисперсії – з $0,50 \pm 0,01$ % до $2,00 \pm 0,01$ %. Вищезначені закономірності, вірогідно, пояснюються тим, що іони натрію надають сольватуючий вплив на казеїн, який перетворюється в казеїн натрію. Слід зазначити, що сумарний вміст розчинних білків є сумою білків, які містяться у ТРС_м декальцифікованому, розчинного казеїнату натрію, який накопичується за рахунок сольватації, та сироваткових білків.

Опосередковим підтвердженням встановлених закономірностей впливу рН на розчинність білків сиру кисломолочного є фотографії казеїнових міцел сирно-молочних дисперсій за рН $5,3 \pm 0,1$ (рис. 4.21). Виявлено, що мікроструктура сирно-молочних сумішей з декальцифікованої молочної сировини прагне до ізотропності, на її поверхні з'являються плато з плоскою поверхнею; рихлість, яка виявляється в рельєфній поверхні, трансформується в більш монолітну нерельєфну поверхню.

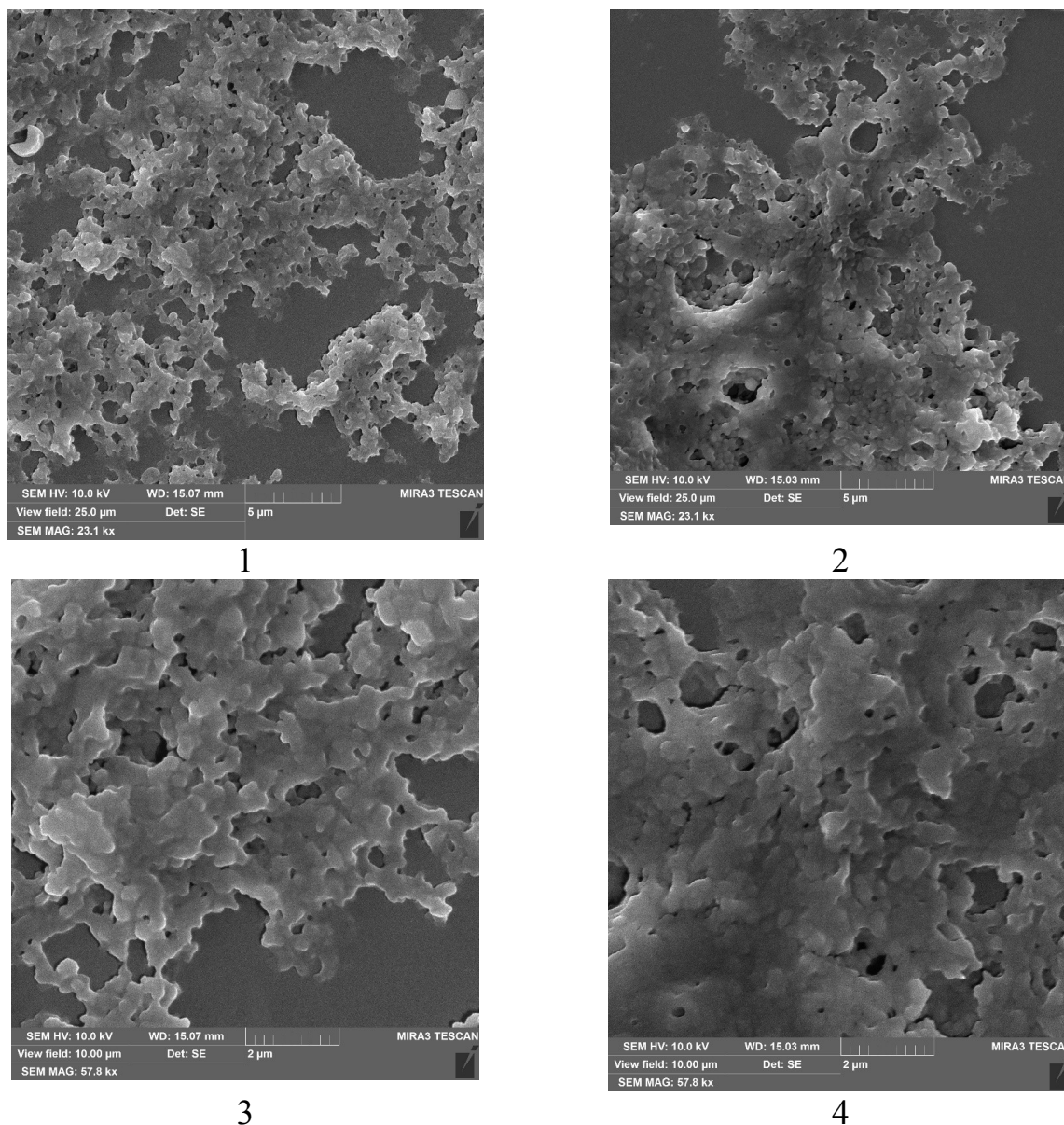


Рис. 4.21. Структура казеїнових міцел зразків сирно-молочних сумішей, одержаних з: 1, 3 – ТРС_м (рН 4,9±0,1); 2, 4 – ТРС_м з регульованим ССС (рН 5,3±0,1 за внесення ТРС_м з регульованим ССС)

Загальновідомо, що утворення емульсійних систем залежать від багатьох чинників. Перш за все, це масова частка та властивості поверхнево-активних речовин, співвідношення водної та жирової фаз, в'язкість систем. Важливими також є параметри процесу емульгування (температура, тривалість, швидкість обертів емульсора). Задля встановлення раціональних параметрів одержання напівфабрикатів досліджено емульгуючу ємність (рис. 4.22) та стабільність (рис. 4.23) емульсійних систем на основі декальцифікованої молочної сировини порівняно з

системами на основі сиру кисломолочного, який виготовлено за традиційною технологією.

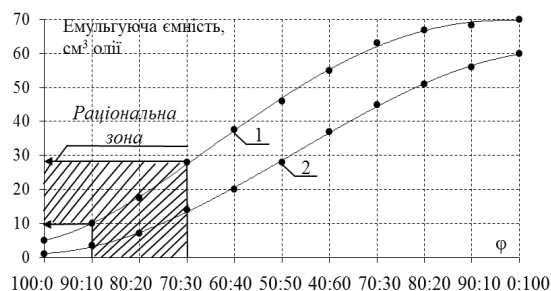


Рис. 4.22. Емульгуюча ємність

сирно-молочних сумішей за різного співвідношення складових із: 1 – ТРС_м з регульованим ССС; 2 – ТРС_м (φ=сир кисломолочний з ТРС_м з регульованим ССС/ТРС_м)

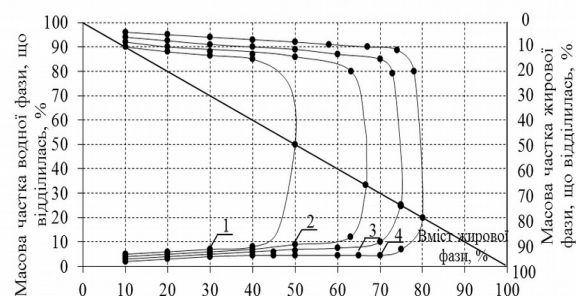


Рис. 4.23. Діаграми стабільності

емульсій на основі сирно-молочних сумішей залежно від масової частки жирової фази за співвідношення СК:ТРС_м з регульованим ССС: – 90:10; 2 – 80:20; 3 – 70:30; 4 – 60:40

Експериментально встановлено, що введення до сиру кисломолочного ТРС_м з регульованим ССС, наслідком чого є підвищення рН та вмісту розчинного білка, призводить до збільшення емульгуючої ємності систем. Так, для систем, що містять сир кисломолочний та ТРС_м з регульованим ССС за співвідношення як 80:20 та 70:30, точка інверсії фаз спостерігається за вмісту жирової фази $17,5 \pm 0,5 \text{ см}^3$ та $28,1 \pm 0,5 \text{ см}^3$ відповідно, що відповідає жировмісту системи $62,3 \pm 0,1 \%$ та $73,7 \pm 0,1 \%$ відповідно.

Аналіз показників кінетичної та агрегативної стабільності емульсій одержаних систем (рис. 4.23) дозволяє визначити наступні закономірності. По-перше, емульсії на основі сирно-молочних сумішей у всьому діапазоні вмісту жирової фази характеризуються достатньою стійкістю (масова частка незруйнованої емульсії коливається в межах 79...92 %). По-друге, зі збільшенням вмісту ТРС_м з регульованим ССС у системі масова частка водної та жирової фази, що відділилися, зменшується. Підвищення вмісту розчинних білків позитивно впливає як на показник агрегативної, так й кінетичної

стабільності, які мають тенденцію до збільшення. Встановлено, що залежно від співвідношення ϕ емульсії характеризуються достатнім значеннями агрегативної та кінетичної стійкості. З даних рис. 4.23 видно, що жироміст емульсій у точці інверсії фаз за співвідношення складових 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 становить 50 %, 65 %, 75 % та 80 % відповідно.

Розуміючи існуючу тенденцію щодо підвищення емульгуючої ємності та стабільності систем за збільшення масової частки TPC_m , важливим є ввести додаткові обмеження в межах створення напівфабрикатів. По-перше, з урахуванням того, що створюються напівфабрикати на основі сиру кисломолочного, масова частка останнього повинна бути не меншою за 70 %. По-друге, введення до сиру кисломолочного водної (у вигляді TPC_m з регульованим ССС) чи жирової (олія соняшникова) фази призведе до корегування його властивостей (ВУЗ, в'язкість, пластичність), що буде впливати на готову продукцію. З урахуванням зазначеного як раціональні прийнято співвідношення компонентів СК: TPC_m з регульованим ССС у інтервалі (70...90):(10...30).

Узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень дозволило визначити раціональні параметри функціонування технологічної системи у частині рецептурного складу та окремих технологічних операцій (табл. 4.19). За результатами дослідження розроблено технологічну схему виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного (рис. 4.24).

Таблиця 4.19

Раціональні параметри одержання напівфабрикатів з сиру

кисломолочного

Найменування параметра	Одиниці вимірювання	Межові значення
Масова частка лактокальцію у TPC_m до декальцифікації	мг%	не регламентується
Ступінь декальцифікації (% виведення лактокальцію до початкового значення)	%	25...30
Граничне значення рН TPC_m з регульованим ССС під час ферментації	–	4,6...4,7

Середній розмір білкових частинок		$\times 10^{-6} \text{ м}$	$\leq 16,0$
Співвідношення сир кисломолочний з ТРС _м з регульованим ССС: ТРС _м з регульованим ССС		–	(70...90):(30...10)
рН сирно-молочної суміші		–	4,9...5,3
Вміст олії соняшникової рафінованої дезодорованої		%	5...15
Параметри емульгування	температура	°С	4...6
	тривалість	$\times 60 \text{ с}$	потребує конкретизації для партії визначеної маси
	швидкість обертів робочого органу емульсатора	с^{-1}	

Технологія виробництва напівфабрикатів десертної продукції передбачає:

– в рамках підсистеми С₁ одержують сирно-молочну суміш за співвідношення СК: ТРС_м з регульованим ССС як (90:10)...(70:30), за якого система містить у дисперсійному середовищі до 1,2...2,0 % розчинних білків, які виявляють емульгуючі властивості. Експериментально встановлено, що утворення однорідної маси суміші відбувається за постійного перемішування протягом $(5...7) \times 60 \text{ с}$ за температури $4...6 \text{ }^\circ\text{С}$ та швидкості обертів робочого органу $n = 25 \text{ с}^{-1}$. За цих умов забезпечується рівномірне розподілення компонентів, підвищення рН системи з 4,7 до 5,1, що призводить до збільшення масової

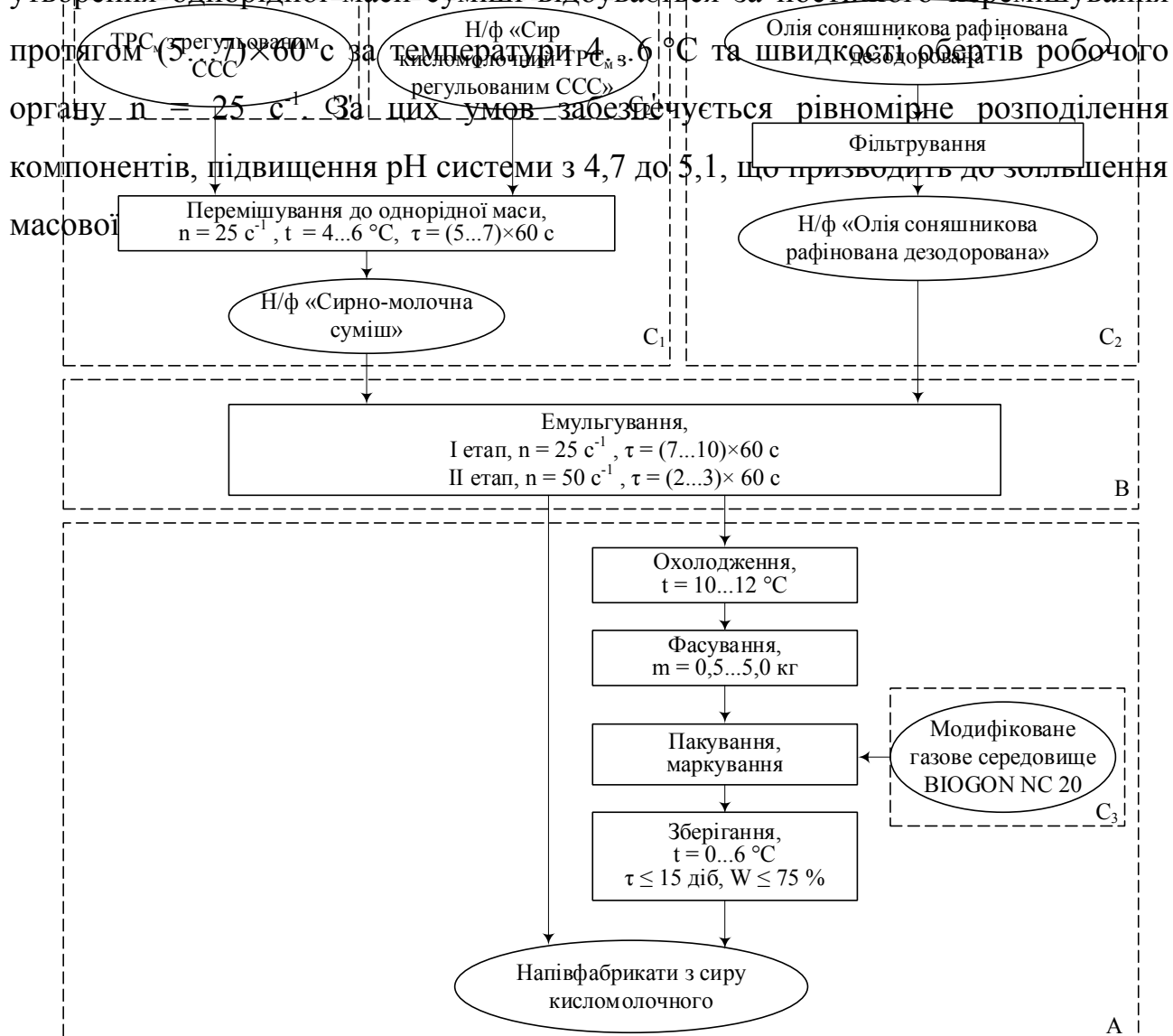


Рис. 4.24. Технологічна схема виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного (А, В, С₁(С₁'), С₂(С₂'), С₃ – підсистеми)

– підсистема С₂ передбачає підготовку олії соняшникової рафінованої дезодорованої до емульгування шляхом фільтрування задля вилучення сторонніх домішок;

– підсистема С₃ передбачає використання модифікованого газового середовища BIOGON NC 20 задля підвищення строку зберігання напівфабрикатів з сиру кисломолочного та запобігання мікробіологічному псуванню. У складі модифікованого газового середовища BIOGON NC 20 вміст азоту та двоокису вуглецю складає 80 % та 20 % відповідно. Застосування азоту забезпечує видалення залишків кисню, тим самим протидіючи розвитку аеробних бактерій й окисленню жирів. Двоокис вуглецю запобігає розвитку мікроорганізмів, забезпечуючи мікробіологічну стабільність продукції впродовж зберігання, в тому числі за рахунок зниження рН внаслідок утворення вугільної кислоти;

– результатом функціонування підсистеми В є одержання емульсійної пастоподібної структури напівфабрикатів, в межах якої як дисперсійне середовище виступає сирно-молочна суміш, як дисперсна фаза – олія соняшникова рафінована дезодорована. Процес емульгування здійснюється в

два етапи: на першому швидкість обертання робочого органу емульсатора складає 25 с^{-1} , тривалість емульгування – $(7...10) \times 60 \text{ с}$, на другому – 50 с^{-1} та $(2...3) \times 60 \text{ с}$ відповідно;

– підсистема А реалізується шляхом виконання послідовних технологічних операцій, а саме охолодження емульсійної системи до $10...12 \text{ }^\circ\text{C}$, фасування ($m = 0,5...5,0 \text{ кг}$) в пластикові ємності із полімерних матеріалів в модифікованому газовому середовищі BIOGON NC 20, маркування. Напівфабрикати з сиру кисломолочного зберігаються за температури $0...6 \text{ }^\circ\text{C}$ та відносній вологості повітря не більше ніж 75 %; строк придатності – не більше ніж 15 діб.

Рецептурний склад напівфабрикатів з сиру кисломолочного наведено в таблиці 4.20.

Таблиця 4.20

Рецептурний склад напівфабрикатів з сиру кисломолочного

Найменування сировини	Витрати сировини, кг/100 кг готових напівфабрикатів, за вмісту жиру у напівфабрикаті, %		
	5	10	15
1	2	3	4
ТРС _м (молоко знежирене)	421,90	399,70	377,85
Вода питна	42,20	39,97	37,78
Альгінат натрію	0,63	0,60	0,57
Заквасочна культура прямого внесення	0,07	0,066	0,062
<i>Н/ф сир кисломолочний з ТРС_м з регульованим ССС</i>	<i>77,50</i>	<i>73,40</i>	<i>69,40</i>

Продовження табл. 4.20

1	2	3	4
ТРС _м (молоко знежирене)	20,00	18,90	17,80
Вода питна	2,00	1,890	1,78
Альгінат натрію	0,03	0,028	0,026
<i>Н/ф ТРС_м з регульованим ССС</i>	<i>19,40</i>	<i>18,40</i>	<i>17,30</i>
Олія соняшникова рафінована дезодорована	5,10	10,20	15,30
Разом	102,00	102,00	102,00
<i>Вихід напівфабрикату з сиру кисломолочного</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>

Фотографічне зображення споживчого пакування напівфабрикатів з сиру кисломолочного наведено на рис. 4.25.



Рис. 4.25. Фотографічне зображення споживчого пакування напівфабрикатів з сиру кисломолочного

Узагальнення результатів дослідження доводить можливість та доцільність використання сиру кисломолочного з ТРС_м з регульованим ССС як основи напівфабрикатів з емульсійною пастоподібною структурою. Оскільки основний білок сиру кисломолочного – казеїн – знаходиться у нерозчинному вигляді внаслідок коагуляційних процесів, є очевидним, що переведення його у розчинний стан є передумовою створення на основі сиру кисломолочного стійких емульсійних пастоподібних систем. Основоположним при цьому є:

- використання ТРС_м з регульованим ССС як сировини для виробництва сиру кисломолочного, який в технологічному потоці виробництва харчової продукції здатен до виявлення функціонально-технологічних властивостей – емульгування, стабілізації гетерогенних систем;

- регулювання технологічних властивостей сиру кисломолочного, що вироблено з ТРС_м з регульованим ССС, у дисперсійному середовищі якого міститься більш висока масова частка розчинних білків (сироваткові білки, казеїн);

- регулювання розчинності казеїнових білків під час утворення сирно-молочної суміші. Введення до сиру кисломолочного ТРС_м з регульованим ССС призводить до зміни рН (з 4,7 до 5,3), наслідком чого є переведення у розчинний стан 0,5...2,0 % казеїну, який знаходився у коагульованому стані.

Безперечною перевагою запропонованої технології є підвищення ресурсного потенціалу молочної сировини. Порівняно з існуючими прототипами (введення білкових концентратів для підвищення масової частки

розчинних білків та солей-плавників, які є харчовими добавками) розроблена технологія дозволяє реалізувати функціонально-технологічні властивості білків молочної сировини в межах її переробки [497–501]. Важливим є виявлення перспектив розвитку даного дослідження з огляду на створення емульсійної пастоподібної структури напівфабрикату шляхом використання рослинних (соняшникова, кукурудзяна та інш.) олій. Вони полягають у регулюванні харчової цінності, зокрема, збагачення напівфабрикатів (а отже й продукції на їх основі) ω -3-жирними кислотами, жиророзчинними вітамінами; створенні нових споживних властивостей шляхом використання ефірних олій, CO₂-екстрактів.

Таким чином, проведені дослідження дозволили науково обґрунтувати технологічні параметри виробництва технології напівфабрикатів з сиру кисломолочного на основі ТРСм з регульованим ССС. З урахуванням органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних показників напівфабрикати можуть бути використані в технології страв з сиру кисломолочного (сирники, пудинги, запіканки, сирні соуси), оздоблювальних та випечених напівфабрикатів для кондитерських виробів.

4.5. Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів структурованих сфероподібних на основі ТРС «молоко», ТРС «сироватка» та їх сумішей

На підставі аналізу інформації, що міститься в науково-технічній літературі та комерційних пропозиціях виробників харчової продукції України та світу, не виявлено відомостей стосовно технологій напівфабрикатів структурованих сфероподібних на основі молочної сировини. Технологічні принципи їх одержання ґрунтуються на науковому та експериментальному обґрунтуванні процесу капсулоутворення та забезпечуються реалізацією хімічних потенціалів лактокальцію та альгінату натрію. У доцільності

виробництва таких напівфабрикатів є технологічна та суспільна потреба, оскільки у ресторанній індустрії стрімко розвиваються формати харчування «eat&go», «drink&go», «street food», в межах яких нові напівфабрикати стануть ключовими рецептурними компонентами кулінарної та кондитерської продукції.

Відсутність науково-технічної інформації про вищезначені технології визначили необхідність розробки науково обґрунтованих підходів, базуючись на відомих принципах капсулювання [502] та з урахуванням функціонально-технологічних властивостей, складу та потенціалів TPC_m , TPC_c та їх сумішей.

У зв'язку з тим, що в основу технологій покладено радикальні інновації, сформульовано інноваційний задум структурованих сфероподібних напівфабрикатів у вигляді гранул та капсул на основі молочної сировини та альгінату натрію (табл. 4.21).

Таблиця 4.21

Інноваційний задум технологій структурованих сфероподібних напівфабрикатів

Показники інноваційного задуму		Джерела реалізації
Напівфабрикати капсульовані	Напівфабрикати гранульовані	
1	2	3
Зовнішній вигляд напівфабрикатів – капсула з характерним біло-кремовим кольором з розміром $(5...25) \cdot 10^{-3}$ м з внутрішнім умістом на основі молочної сировини покрита тонкою оболонкою. У споживні тарі напівфабрикати занурено у сироватку, сироп або розсіл	Зовнішній вигляд напівфабрикатів – гранула з характерним кольором відповідно використаної сировини з розміром $(3...5) \cdot 10^{-3}$ м. У споживні тарі капсули занурено у сироватку, сироп або розсіл	Досягається відповідними технікою та технологією формування, технологічними впливами та підбором сировини з необхідними характеристиками
Вид основної сировини (інкапсулянту) – ТРС _м , ТРС _с , ТРС _{сум} , сир кисломолочний, суміші означених компонентів	Вид основної сировини (інкапсулянту) – розчин альгінату натрію з додаванням рецептурних смако-ароматичних компонентів	Сировина та співвідношення обґрунтовуються якістю кінцевого продукту, вхідними фізико-хімічними та органолептичними показниками
Особливості напівфабрикатів – випускається пастеризований та непастеризований з розмірними характеристиками згідно інноваційного задуму та технології переробки		Характеристика узгоджується з технологією використання продукту
Напівфабрикати характеризуються термостійкістю до гідротермообробки, пастеризації за нейтральних та кислих значень рН		Досягається використанням термостійкого структуроутворювача та особливою структурою продукту
Напівфабрикати витримують контрольований механічний вплив у холодному та гарячому стані, текстурно чутливий до заморожування-розморожування, не змінює характеристик в межах $4,5 < \text{pH} < 7,0$		Досягається характерними функціонально-технологічними характеристиками та структурно-механічними показниками

Продовження табл. 4.21

1	2	3
Технологічні та фізіологічні обмеження – відсутні		Досягається за рахунок використання сировини та технологічних прийомів без обмежень
Конкурентні переваги – напівфабрикат на основі ТРС _м , ТРС _с , ТРС _{сум} та альгілату натрію, харчових інгредієнтів без обмежень технологічного призначення. Може бути використаний за технологічною обґрунтованістю як самостійний продукт або рецептурний компонент. Напівфабрикат без виражених теплових втрат у технологічному потоці, з прогнозованими органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними показниками, тривалого терміну зберігання; аналогів не виявлено		–
Пакування – у скляну тару, тару з поліетилену. Маса упаковки 0,1 – 5,0 кг		Типоряд обґрунтовується
Асортимент напівфабрикатів – формується за розмірними характеристиками, а також споживчими властивостями шляхом використання додаткових інгредієнтів		Забезпечується плановими технологічними розробками
Термін зберігання: непастеризовані – до 15 діб за t=0...6 ⁰ C; пастеризовані – до 90 діб за t=0...6 ⁰ C		Забезпечується обґрунтованими параметрами технологічного процесу

4.5.1 Оцінка технологічного рідкого середовища «сироватка» за хімічним та технологічним потенціалами

Сформульовані у підрозділі 3.1 наукові положення про побудову технологічних процесів з врахуванням потенціалів, що забезпечують їх ефективне використання, а також узагальнення понять про підвищення питомої цінності Ω (рівняння 3.5) кінцевого продукту, є принципово новою концепцією організації виробничих процесів. Осмислення такого розуміння дозволяє переоцінити поняття «вторинна сировина» і замінити його поняттям «вторинний компонент» з новим потенціалом або TRC_c . За такого підходу товарознавчо-технологічні характеристики TRC_c будуть домінантними при виборі способу його переробки, а технологічна цінність визначатиметься за величиною потенціалу.

Доведено, що виникнення вторинної сировини є результатом часткової втрати загального потенціалу вихідної сировини. Тому на сьогоднішній день в технологічній практиці є певні труднощі, пов'язані з переробкою вторинної сировини в продукти з високою доданою вартістю, оскільки згідно термодинамічних законів до таких систем повинно бути прикладено високу енергію активації $E_{сум}^a$ (рівняння 3.15), що є не ефективно порівняно з переробкою вихідної сировини. Тому традиційні підходи до переробки вторинної сировини є малоефективними, а проблеми його використання – не вирішеними. Рівною мірою це відноситься й до переробки молочної сировини, оскільки при виробництві сиру кисломолочного («збагачений» компонент) утворюється фракція – сироватка молочна (вторинна сировина), масова частка якої складає 83,0...89,0 %, що в 6,1 рази більше, ніж масова частка цільового продукту.

TRC_c є побічним продуктом під час виробництва сиру кисломолочного, тому цільовий контроль якості цього продукту в технологічному процесі не проводиться, оскільки критичні точки контролю відносяться до формування казеїнового згустку та власне сиру кисломолочного.

Процес накопичення Ca_{Lact}^{2+} у ТРС_c відноситься до пасивних і є результатом біохімічних та технологічних перетворень ТРС_m з утворенням на проміжних стадіях кислот, домінантною за вмістом серед яких є молочна, що сприяє переходу міцелярного лактокальцію у іонний ($[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}} - \frac{[H^+]}{[\tau]} \rightarrow \mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$) й у загальному плані змінює склад ССС ТРС_m. Закономірності накопичення іонного лактокальцію у ТРС_c під час одержання сиру кисломолочного наведено на рис. 4.26.

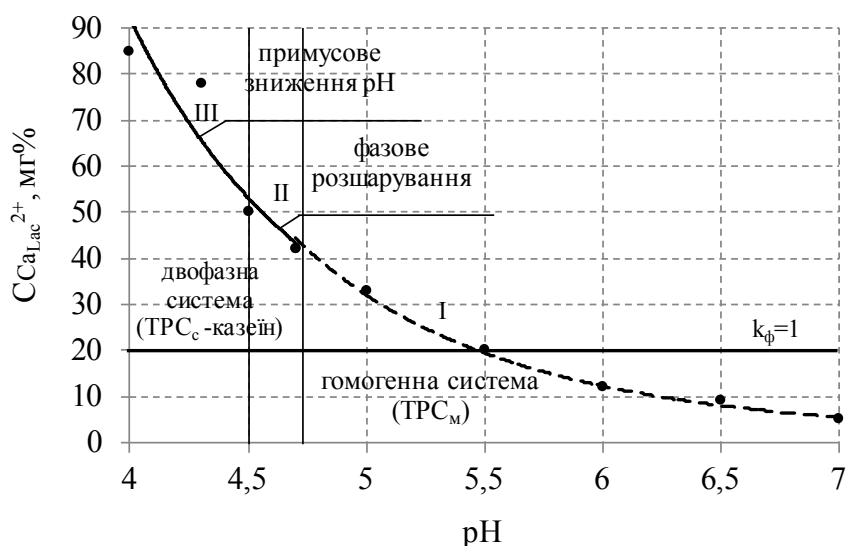


Рис. 4.26. Концентрація Ca_{Lact}^{2+} у ТРС залежно від рН під час трансформації ТРС_m у ТРС_c; k_{ϕ} – коефіцієнт форми

Важливим для оцінки ТРС_c як продукту, який здатен до подальших перетворень з накопиченням потенціалу іонного лактокальцію, є ділянка кривої графічної залежності III (рис. 4.26), яку не пов'язано з технологічним процесом одержання сиру кисломолочного. Вона описує закономірності переходу

$[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}} - \frac{[H^+]}{[\tau]} \rightarrow \mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$ за додаткового введення харчових кислот.

Інтенсивність накопичення Ca_{Lact}^{2+} за такої дії зростає на 76% з 50,0 мг% до 88,0 мг%.

Під час дослідження закономірностей накопичення потенціалу лактокальцію виявлено, що його концентрація у ТРС_c достовірно не залежить

від початкового вмісту загального лактокальцію у TPC_m . Це є підтвердженням того, що $C_{Ca_{Lact}^{2+}} = f[H^+]$. Це є важливим, оскільки для побудови керованих технологічних процесів з реалізацією потенціалу лактокальцію важливим є нормування TPC_c за вмістом Ca_{Lact}^{2+} , що забезпечить за певних умов стандартні показники якості структурованих сфероподібних напівфабрикатів [503, 504].

Із наведених досліджень є очевидним, що TPC_c є вихідною сировиною з високою харчовою цінністю, функціонально-технологічними властивостями й органолептичними показниками. Окрім цього TPC_c є носієм потенціалів, серед яких в технології структурованих сфероподібних напівфабрикатів реалізується потенціал лактокальцію і супроводжуючий його потенціал кислого середовища. Якщо розглядати означені потенціали з формальної точки зору, то їх можна віднести до хімічних потенціалів, але в технології харчової продукції їх функціональну дію пов'язано з трансформацією хімічного потенціалу в технологічний. Технологічне використання наявних потенціалів, насамперед, визначається інноваційним задумом і не вичерпується прийнятою стратегією дослідження.

При оцінці величини питомого потенціалу TPC у взаємозв'язку з інноваційним задумом є очевидним:

– TPC_m володіє низьким питомим потенціалом за вмістом іонного лактокальцію (у ньому відсутній потенціал кислого середовища). За цих показників TPC «молоко» не доцільно використовувати як формуюче середовище для одержання структурованих сфероподібних продуктів на основі альгілату натрію;

– TPC_c володіє вираженим питомим потенціалом Ca_{Lact}^{2+} , тому може бути використано як прийомне середовище для одержання гранульованих продуктів на основі альгілату натрію. Асортимент такої продукції визначається інноваційним задумом і досягається залученням до технологічного потоку додаткової сировини, яка не впливає на потенціал лактокальцію. Одночасно

TPC_c може бути використано як інкапсулянт під час капсулювання технологічних систем «AlgNa - Ca_{Lact}»;

– TPC_c з точки зору взаємозв'язку питомого потенціалу Ca_{Lact}²⁺ з параметрами капсулоутворення систем «AlgNa - Ca_{Lact}» характеризується надлишковим питомим потенціалом, оскільки вміст іонного лактокальцію перевищує параметрований ($C_{Ca_{Lact}^{2+}} = 20$ мг%) приблизно в три рази. Результатом наявності збиткового потенціалу лактокальцію є технологічна можливість TPC_c створювати рецептурні суміші з іншими харчовими продуктами для одержання капсульованих систем, наприклад, з TPC_m або іншими. Це відкриває нові технологічні можливості для створення широкого асортименту структурованих сфероподібних напівфабрикатів;

– TPC_c володіє вираженим кислотним потенціалом за рахунок молочної кислоти. Величину цього потенціалу необхідно враховувати при створенні TPC_{сум} шляхом обґрунтування масової частки TPC_c у складі TPC_{сум}, що не здатна зсунути рН TPC_{сум} в кислу зону до значень, які порушують колоїдну стабільність систем. За інших технологічних підходів потенціал молочної кислоти здатен висолювати альгінову кислоту з розчинів і за певних концентрацій утворювати непрозорий гель альгінової кислоти. Цей чинник впливу на органолептичні та структурно-механічні властивості гранульованих та капсульованих харчових продуктів необхідно враховувати під час розробки структурованих сфероподібних напівфабрикатів. З урахуванням наведених потенціалів визначено шляхи розвитку технологій структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі TPC_c – використання TPC_c як формуючого середовища (рис. 4.27) та як інкапсулянту (рис. 4.28).

Вміст кислоти молочної у складі TPC_c (до 1,24±0,05 %) є об'єктивною характеристикою цього продукту. Тому під час організації технологічного процесу його переробки цей чинник повинен бути враховано як чинник ініціації процесу.

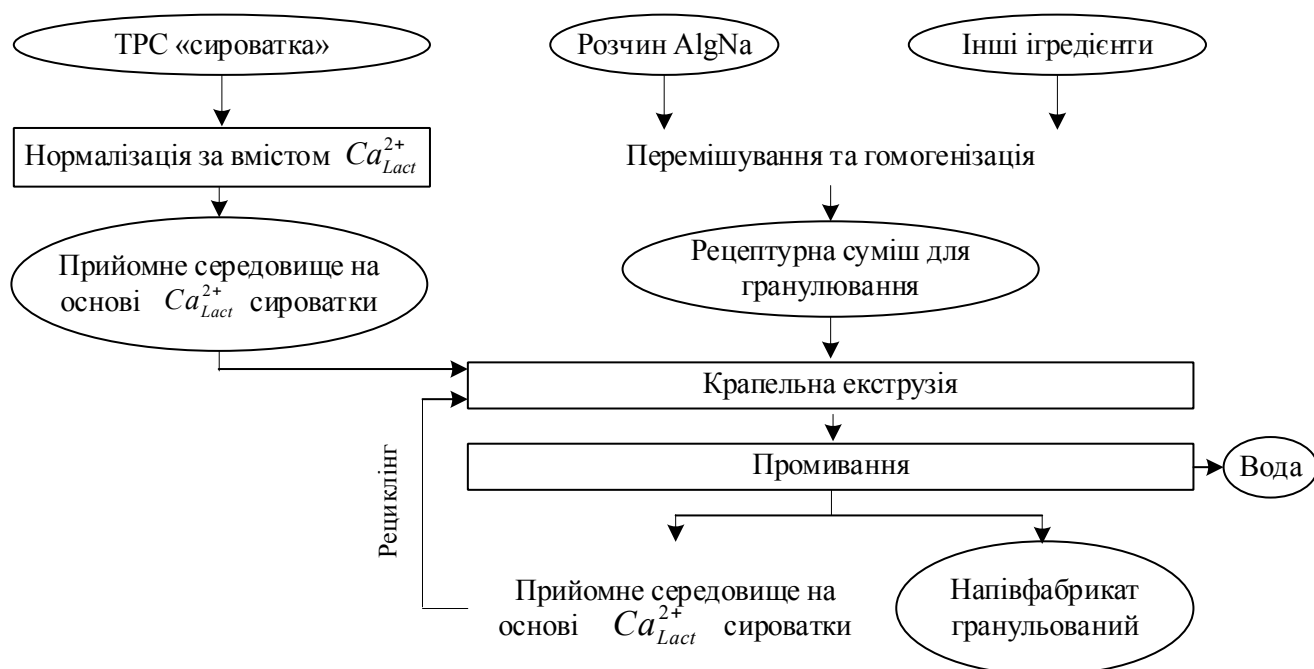


Рис. 4.27. Модель технологічної системи одержання структурованих сфероподібних напівфабрикатів у вигляді гранул

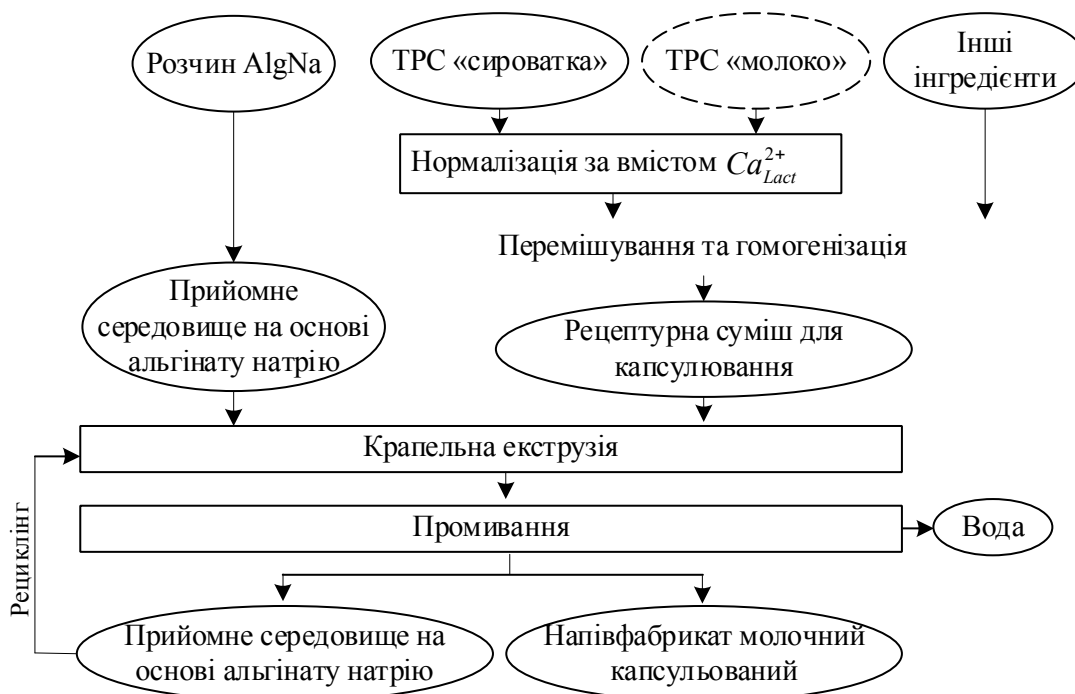


Рис. 4.28. Модель технологічного системи одержання структурованих сфероподібних напівфабрикатів у вигляді капсул

При одержанні структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі альгінату натрію чи в середовищі ТРС_с, чи за використання його як

інкапсулянту, оцінено вплив рН на формування органолептичних показників напівфабрикатів, особливо на консистенцію та зовнішній вигляд, зокрема, прозорість, що буде визначати технологічне призначення напівфабрикатів.

Кінетика процесу гелеутворення $AlgNa$ у присутності Ca_{Lact}^{2+} буде залежати від умов його розчинності у кислому середовищі ТРС_c. Цей показник повинен бути оцінено, оскільки саме кислотність ТРС_c буде визначати структуру гелю на основі альгінату натрію та здатність до перебігу реакції між Ca_{Lact}^{2+} та Alg^- . Встановлено, що за значеннями констант дисоціації молочна кислота порівняно з мануроною та гулууроною кислотами є більш слабкою [501, 502, 505–507]: молочна кислота ($pK_a=3,83$) > мануронова кислота ($pK_a=3,38$) > гулууронова кислота ($pK_a=3,65$). За її вмісту у ТРС_c в межах $1,24 \pm 0,05$ % виникає буферна ємність за $[H^+]$, яка сприяє виведенню кислот альгінату натрію у частково дегідратований гель. За цих умов Ca_{Lact}^{2+} буде зв'язуватися аніонами Alg^- пропорційно їх концентрації у розчині. Хімічна рівновага реакції буде зсуватися вправо в область утворення гелю $Alg_2Ca \downarrow$. За рахунок збіднення ТРС_c за Ca_{Lact}^{2+} зсув реакції хелатоутворення вліво практично не є можливим. Але масова частка такого гелю буде пропорційна концентрації Alg^- , яка визначається ступенем нейтралізації вільних карбоксильних груп $COO^- AlgNa$ іонами H^+ . Тобто, з технологічної точки зору можливість використання ТРС_c як формуючого середовища залежить від її здатності забезпечити розчинність речовин, зокрема $AlgNa$, що певною мірою обмежує величину $[H^+]$, оскільки за її високих значень буде виникати кислий гель за схемою:



Цей чинник при використанні ТРС_c як інкапсулянту є менш вагомим, оскільки згідно з рівнянням Ейнштейна для опису дифузійного руху частинок коефіцієнт дифузії іонного лактокальцію ($D_{Ca_{Lact}^{2+}}$) буде значно більшим (атомна маса кальцію складає 40,08 а.о.; молекулярна маса молочної кислоти – 90,08

а.о) за коефіцієнт дифузії аніону молочної кислоти (лактат). Враховуючи, що молекулярна маса $AlgNa$ складає близько 540...600 кДа, справедливим є ствердження:

$$D_{Ca_{Lact}^{2+}} > D_{\text{лактат}^-} > D_{Alg^-} \quad (4.2)$$

Оцінено вплив $[H^+]$ на утворення $Alg_2Ca \downarrow$ за відомих концентрацій Alg^- та Ca_{Lact}^{2+} . На рис. 4.29 наведено миттєвий модуль пружності гелів модельних систем ($C_{AlgNa}=1,5\%$; $C_{Ca_{Lact}^{2+}}=0,8\%$) залежно від величини рН.

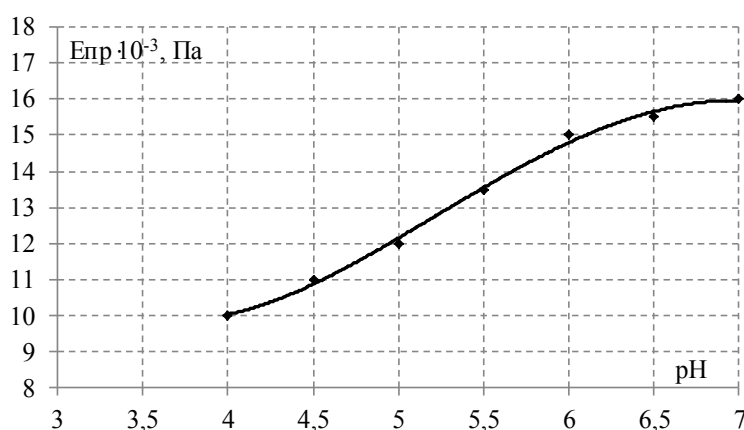


Рис. 4.29. Миттєвий модуль пружності гелів альгінату кальцію ($C_{AlgNa}=1,5\%$; $C_{Ca_{Lact}^{2+}}=0,8\%$) залежно від величини рН

Видно, що зниження рН системи з $7,0 \pm 0,1$ до $4,0 \pm 0,1$ зменшує значення модуля пружності у 1,6 рази – з $16 \cdot 10^3$ Па до $10 \cdot 10^3$ Па. За характером кривої видно, що закислення системи, яке використовується для інтенсифікації накопичення Ca_{Lact}^{2+} , погіршує умови одержання гелів альгінату кальцію. Є очевидним, що для покращення умов гелеутворення доцільна технологічна операція корегування значень рН ТРС_с, наприклад, купажуванням її з ТРС_м. Одночасно у кислій зоні візуально фіксується замутнення гелів, що є ознакою утворення «кислих» гелів $HAlg \downarrow$. Для оцінки цього явища досліджено світлорозсіювання розчинів альгінату натрію залежно від концентрації за рН

2,0±0,1, тобто за умов максимальної кількості осажденої альгінової кислоти (рис. 4.30).

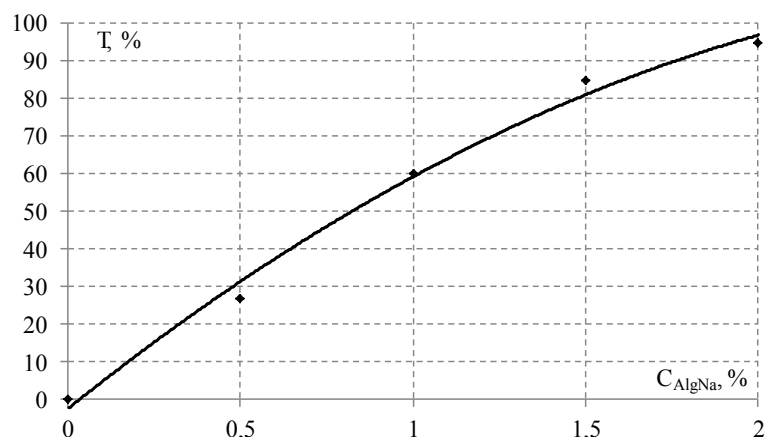


Рис. 4.30. Світорозсіювання розчинів альгінату натрію залежно від концентрації за рН 2,0±0,1

Визначено, що в досліджуваному діапазоні концентрацій має місце агрегація полімеру з утворенням високомолекулярних сполук. Тобто з підвищенням концентрації альгінату натрію у розчині зростає не тільки кількість центрів агрегації, а й змінюються їх розмірні характеристики з виникненням ефекту «суперагрегації» полімеру у центрі її локалізації.

На рис. 4.31 наведено графічні залежності кількості утвореного кислого гелю $HAlg \downarrow$ від рН за концентрації альгінату натрію 1,0%, 1,5%, 2,0%.

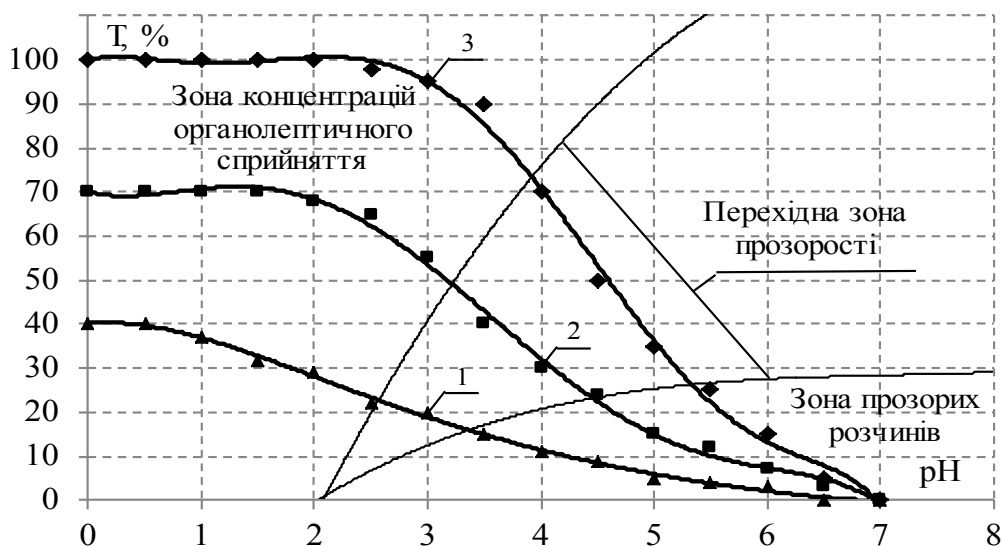


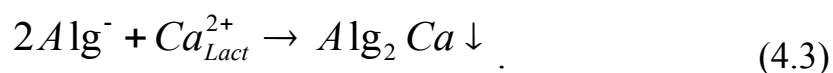
Рис. 4.31. Світорозсіювання гелю $HA\lg \downarrow$ залежно від рН за концентрації $AlgNa$, %: 1, 2, 3 – 1,0; 1,5; 2,0 %

Експериментально встановлено, що як величина рН, так і концентрація альгінату натрію сприяють колодній деградації розчинів альгінату натрію. Форми кривих свідчать, що накопичення $HA\lg \downarrow$ іде з різною, характерною для даної концентрації швидкості, яку визначали за значенням tg кута нахилу дотичних до кривої. Є очевидним, що використання ТРС_с в технології структурованих сфероподібних напівфабрикатів на основі альгінату натрію не забезпечить прозорість продуктів. Тому такий вид структурування доцільно використовувати тобто в технологічних системах, де зниження прозорості не сприйматиметься як погіршення якісних показників.

4.5.2 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів структурованих сфероподібних на основі сироватки молочної капсульованих

Створення структурованих сфероподібних напівфабрикатів для ЗРГ та харчової промисловості є принципово новим напрямом, впровадження якого з технологічної точки зору дозволить оптимізувати технологічні процеси ланцюги «молочна промисловість – ЗРГ», а з наукової – радикально змінити уявлення про роль окремих компонентів ТРС_м, зокрема лактокальцію, у формуванні технологічних властивостей цільових продуктів. Особливістю цього напрямку є обґрунтування цільового застосування технологічних дій, спрямованих на регулювання ССС ТРС_м, що описуються виразом

$[\mu^0] \cdot m_{Ca_{Lact}} - \left[\frac{H^+}{\tau} \right] \rightarrow \mu_{Ca_{Lact}^{2+}}^0 \cdot C_{Ca_{Lact}^{2+}}$, а також:



Згідно рівняння (3.21) у системі накопичується енергія такої екстенсивної величини, як іонна сила ($\mu_{Ca_{Lact}^{2+}}$) лактокальцію у формі хімічного потенціалу

(тобто енергії без виконання роботи), яка не здатна подолати енергетичний бар'єр (E_a) у ТРС_c. Для цього обґрунтовано рішення (рівняння 3.5), що забезпечує одержання харчових продуктів з питомою цінністю (Ω) термодинамічно вигідним шляхом.

За концепцією роботи термодинамічно (з точки зору реалізації хімічного потенціалу за низького значення E_a) те технологічно вигідним (з точки зору формоутворення) є взаємодія іонного лактокальцію з альгінатом натрію (4.3), оскільки енергія активації взаємодії значно нижча інших можливостей для лактокальцію в ТРС_c, ТРС_{сум}. Тому реалізація потенціалу Ca_{Lact}^{2+} є обґрунтованою, а згідно виразу (3.16) концентрація Ca_{Lact}^{2+} в системі буде визначати величину Ω_i та ступінь перетворень або приріст питомої цінності ($+k_{IKII} \ln W$) продукту згідно (3.5) та (3.8). З врахуванням того, що джерелом Ca_{Lact}^{2+} є фактично вторинна сировина, під час переробки ТРС_м використання потенціалу Ca_{Lact}^{2+} є економічно вигідним та соціально доцільним.

У розділі 3 обґрунтовано, що не зважаючи на об'єктивність перебігу реакції, що описується виразом (3.53), формоутворення залежить від кінетики процесу (3.64), (3.65), (3.79), а з точки зору капсулоутворення – від мінімальної критичної концентрації іонного лактокальцію (3.47). Тому важливим є визначення концентрації лактокальцію, яка забезпечує капсулоутворення, а також збуджуючі та корегуючі чинники, які будуть впливати на реалізацію технологічного процесу капсулоутворення у технологічному потоці.

Для дослідження використовували ТРС_c, фізико-хімічні показники якої наведено в табл. 4.22.

Таблиця 4.22

Фізико-хімічні показники ТРС «сироватка»

Найменування показника	Значення показника
Масова частка сухих речовин, %	5,8±0,1
Масова частка азотвміщуючих речовин (N · 6,25), %	0,16±0,001
Масова частка мінеральних речовин, %	0,60±0,01

в т.ч. Ca_{Lact}^{2+} , мг%	$80,0 \pm 1,0$
pH	$4,2 \pm 0,1$

Досліджено структуроутворення (рис. 4.32) ТРС_c за показником коефіцієнту форми залежно від концентрації Ca_{Lact}^{2+} .

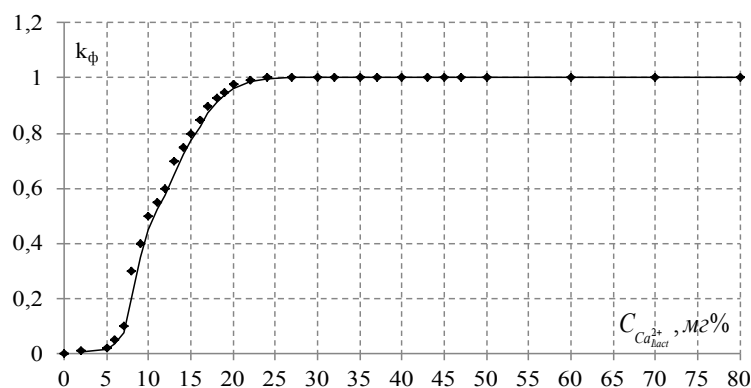


Рис. 4.32. Коефіцієнт форми структурованих сфероподібних напівфабрикатів з ТРС_c залежно від концентрації Ca_{Lact}^{2+}

Визначено, що підвищення концентрації Ca_{Lact}^{2+} з $3,0 \pm 0,1$ мг% до $80 \pm 1,0$ мг% призводить до закономірного зростання коефіцієнту форми з 0,05 до 1,0 (що відповідає правильній сфероподібній формі структурованих напівфабрикатів). Слід зазначити, що в інтервалі концентрацій Ca_{Lact}^{2+} 5,0... 20,0 мг% спостерігається динамічне змінення коефіцієнту форми з подальшим досягненням рівноважного стану. Це обумовлює мінімальну концентрацію Ca_{Lact}^{2+} , що забезпечує реалізацію процесу структурування з одержанням сфероподібної форми напівфабрикатів, яка відповідає $20,0 \pm 0,1$ мг%.

На рис. 4.33 наведено динаміку приросту маси капсул у середовищі AlgNa залежно від концентрації іонного лактокальцію в інкапсулянті (ТРС_c). Аналіз кривих приросту маси оболонок капсул підпадає під розуміння залежності масопереносу від донорсько-акцепторної взаємодії. Оскільки акцептором є альгінат натрію, тобто прийомне середовище для одержання капсул, а його акцепторна ємність відповідає умовам, що об'єм прийомного середовища $V_{пр.с.}$ по відношенню до об'єму краплі $V_{кр.}$ зв'язано нерівністю $V_{пр.с.}$

$\gg V_{кр.}$, то згідно кінетики рівняння (3.70) концентрація лактокальцію по відношенню до оболонки капсули є завжди надлишковою.

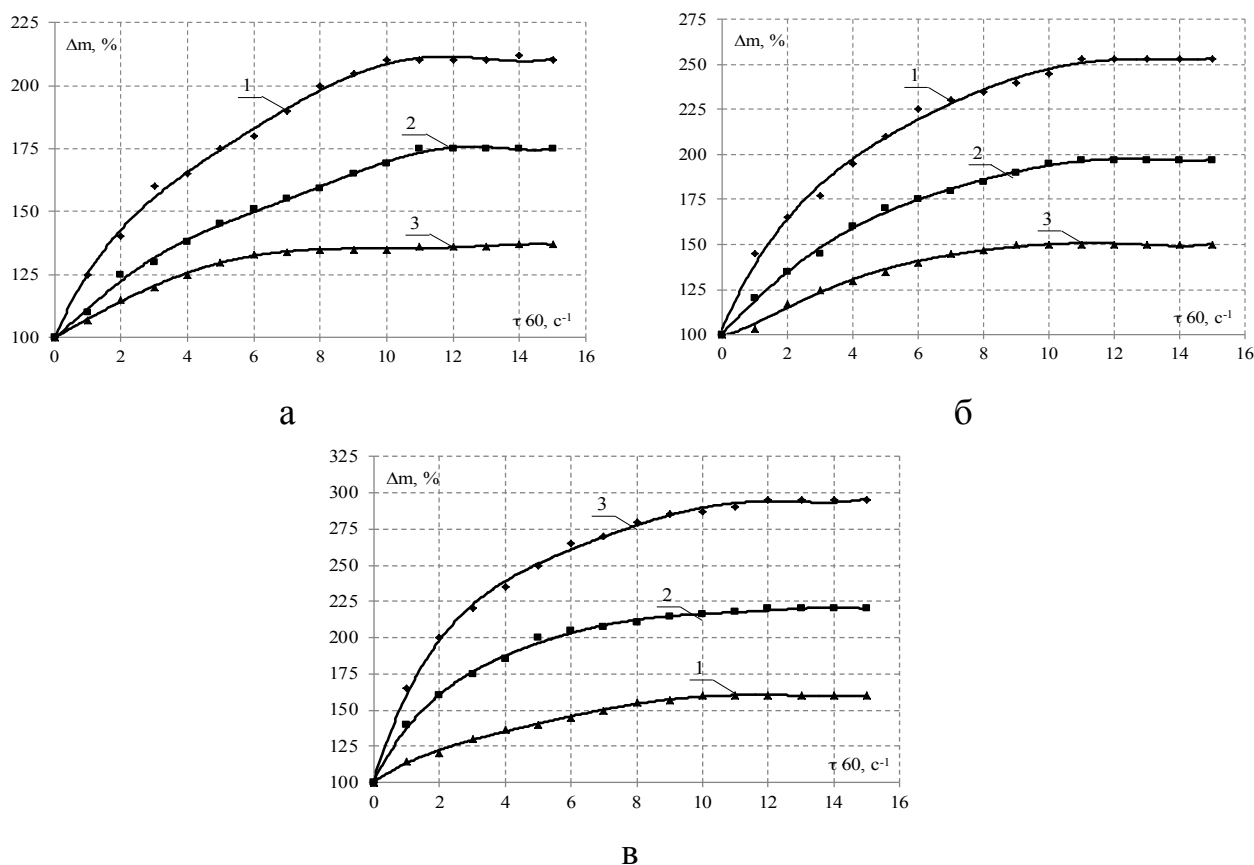


Рис. 4.33. Кінетика приросту маси капсул у середовищі *AlgNa* (а – 1,0%; б – 1,5%; в – 2,0%) за концентрації Ca_{Lact}^{2+} в ТРС_c, мг%: 1 – 80,0±1,0; 2 – 50,0±1,0; 3 – 20,0±1,0

Технологічний сенс співвідношення $\frac{[C_{Lact}^{2+}]}{[C_{Lact}^{2+}] + k[Alg^-]}$, який характеризує ступінь перетворення альгінату натрію $(-\frac{d[AlgNa]}{d\tau})$, зводиться до безперервного росту товщини оболонки в середовищі розчину альгінату натрію, що і зафіксовано закономірностями графіків (рис. 4.33) та підтверджено фотомоніторингом (рис. 4.34).

Є чітко розуміння, що швидкість перетворення альгінату натрію пов'язано не лише з концентрацією лактокальцію, а і з іншими чинниками –

закономірностями масопереносу Ca_{Lact}^{2+} в середовищі інкапсулянту, що описується відповідним коефіцієнтом дифузії, масовіддачі на межі інкансулант – оболонка, у середовищі стінки, на межі оболонка – розчин альгінату натрію. Кінетика цих процесів є предметом окремих теоретичних та прикладних досліджень, а нашому випадку є важливим дослідити зміни показників залежно від властивостей інкапсулянту, оскільки саме корегування його складу забезпечує формування асортиментну капсульованих продуктів на основі ТРС_м та ТРС_с.

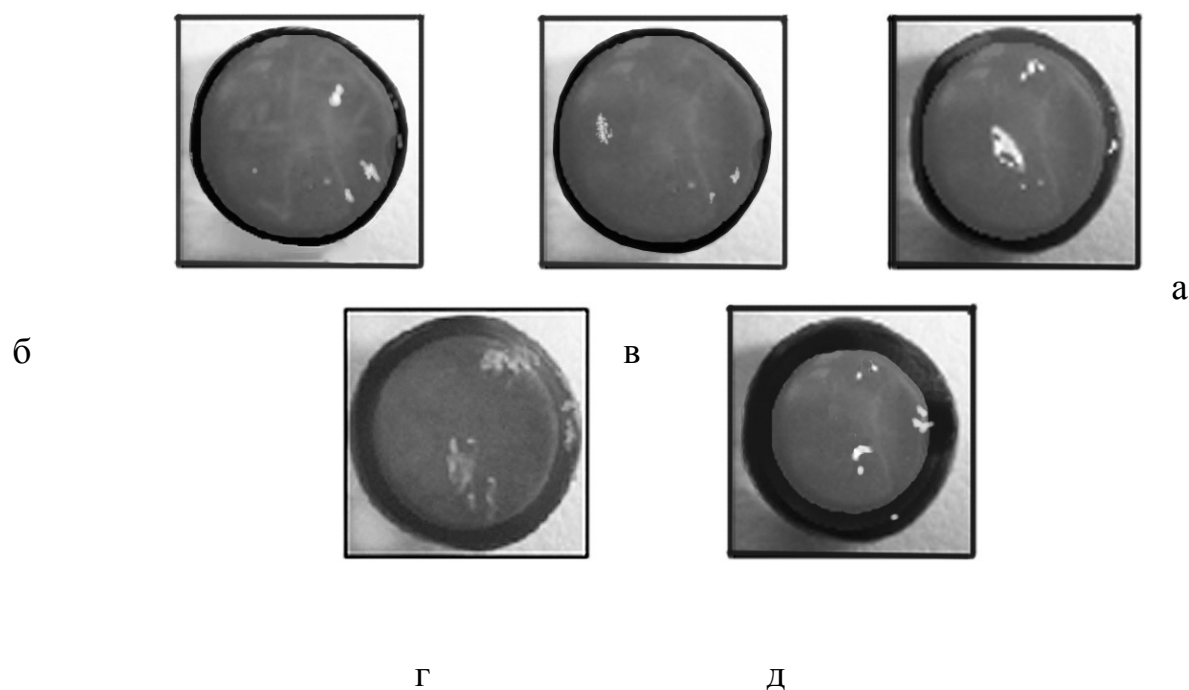


Рис. 4.34. Фотомоніторинг приросту оболонки структурованих сфероподібних напівфабрикатів у 1,5% розчині альгінату натрію (концентрація Ca_{Lact}^{2+} в інкапсулянті складає 50 мг%): а – 30 с; б – 60с; в – 120 с; г – 240 с; д – 600 с

Динаміка приросту маси капсул (в межах концентрації рецептурних компонентів, які використовуються в технологічному процесі) пропорційна концентрації учасників технологічного процесу. Аналогічні закономірності описано в роботах [353, 356, 466] при розробці технології капсулювання соусів на основі томатної пасти. Визначено, що кількісні величини в межах єдиної

закономірності суттєво відрізняються. На рис. 4.35 наведено узагальнення результатів цього дослідження залежно від концентрації компонентів.

За підвищених концентрацій складових технологічного процесу зростають як абсолютні значення приросту маси, так і темпи приросту.

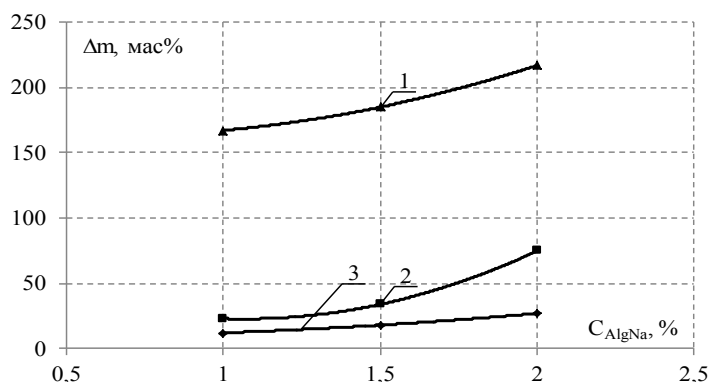


Рис. 4.35. Приріст маси оболонок капсул (капсулювання ТРС_с) від концентрації альгінату натрію за концентрації Ca_{Lact}^{2+} , мг%: 1, 2, 3 – 80,0; 50,0; 20,0 відповідно

Виявлено, що ТРС_с ($Ca_{Lact}^{2+} = 80 \pm 1,0$ мг%) може бути основою як для створення структурованих напівфабрикатів у вигляді капсул суто із ТРС_с, так і входити до складу рецептурних сумішей як донор лактокальцію, наприклад ТРС_м, концентратів молока (за фактору згущення $1,0 < \Phi < 4,0$), сиру кисломолочного, інших пастоподібних та рідких компонентів в кількостях, які забезпечують вміст Ca_{Lact}^{2+} на рівні $20 \pm 0,1$ мг% – мінімальної, яка гарантує сталий процес капсулоутворення за умови, що введений інгредієнт не пригнічує дифузію Ca_{Lact}^{2+} .

На рис. 4.36 наведено зміну вмісту Ca_{Lact}^{2+} та значень рН ТРС_{сум} за використання ТРС_м ($Ca_{Lact}^{2+} = 8,0 \pm 1,0$ мг%, рН = $6,7 \pm 0,1$) та ТРС_с ($Ca_{Lact}^{2+} = 80 \pm 1,0$ мг%, рН = $4,2 \pm 0,1$) як донора Ca_{Lact}^{2+} . Видно, що за температури $20,0 \pm 0,5$ °С в інтервалі співвідношень як ТРС_м/ТРС_с 100/0 : 50/50 рН системи знаходиться на рівні $5,5 \pm 0,1$, що забезпечує колоїдну стабільність (що важливо для розвитку

технологій переробки суміші) та здатність сумішей до капсулоутворення за інтенсивного накопичення Ca_{Lact}^{2+} .

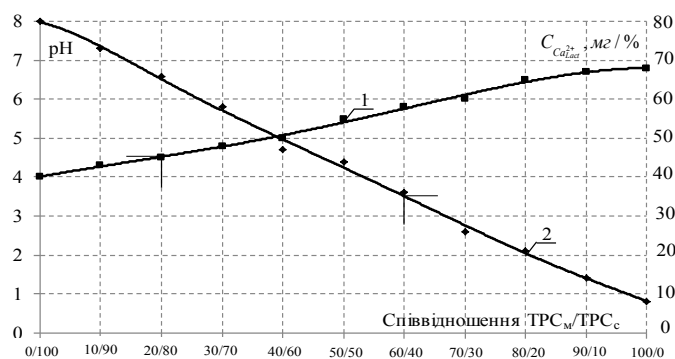


Рис. 4.36. pH ТРС_{сум} та вміст Ca_{Lact}^{2+} залежно від співвідношення ТРС_м/ТРС_е

На рис. 4.37 наведено динаміку приросту маси оболонок за капсулювання ТРС_{сум} за різного вмісту (порівняно з приростом маси з використанням сироватки) лактокальцію.

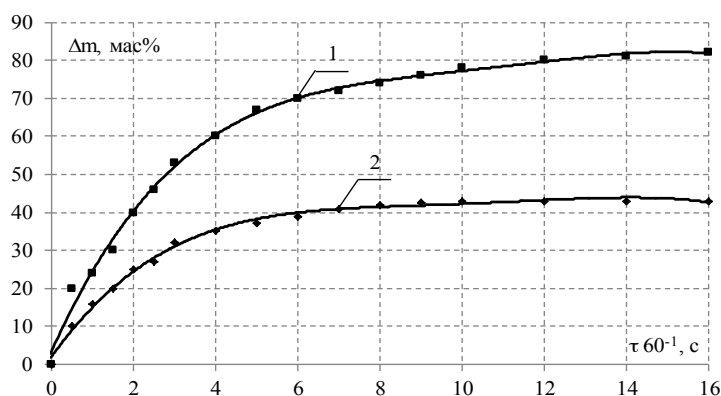


Рис. 4.37. Динаміка приросту маси капсул на основі ТРС_{сум} за співвідношення ТРС_м:ТРС_е: 1 – 1:1; 2 – 0:1

Аналіз кривих рис. 4.37 свідчить, що результатом створення ТРС_{сум} є достовірне зниження інтенсивності приросту мас, особливо в інтервалі середніх значень Ca_{Lact}^{2+} . Визначено що за $(2...3) \cdot 60$ с перебування капсул у формуючому середовищі темп приросту порівняно з таким же вмістом для ТРС_е зменшується в 1,6...1,7 рази, а фактичне зростання маси складає 40...46 мас% проти

65...75 мас%. Вірогідно, це пояснюється ускладненням дифузії лактокальцію із інкапсулянту до оболонкоутворювача.

На підставі експериментальних досліджень та технологічних відпрацювань визначено закономірності впливу рецептурних компонентів (сир кисломолочний, крохмаль модифікований, камідь ксантану, карагінан) на властивості рецептурної суміші, що підлягає капсулюванню, та структуровані сфероподібні напівфабрикати. Необхідність вищезначених досліджень обумовлено тим, що визначені показники якості напівфабрикатів формуються упродовж всього технологічного процесу. Зокрема, на етапі утворення рецептурної суміші необхідно забезпечити визначений рівень іонного лактокальцію, в'язкість, в той час як у напівфабрикаті – співвідношення оболонки та внутрішнього умісту, міцність та еластичність оболонки, в'язкість, модуль пружності, вологуютривуючу здатність внутрішнього умісту [508, 509].

Узагальнення експериментальних досліджень, які наведено на рис. 4.38, 4.39, табл. 4.23 визначили доцільність використання у складі рецептурних сумішей напівфабрикату з сиру кисломолочного з емульсійною пастоподібною структурою (підрозділ 4.4) у кількості 25...30%, що не перешкоджає екструзії рецептурної суміші у формуюче середовище, не впливає негативно на сорбцію лактокальцію альгінатом натрію й забезпечує формування мазкої вершкової консистенції внутрішнього умісту напівфабрикату.

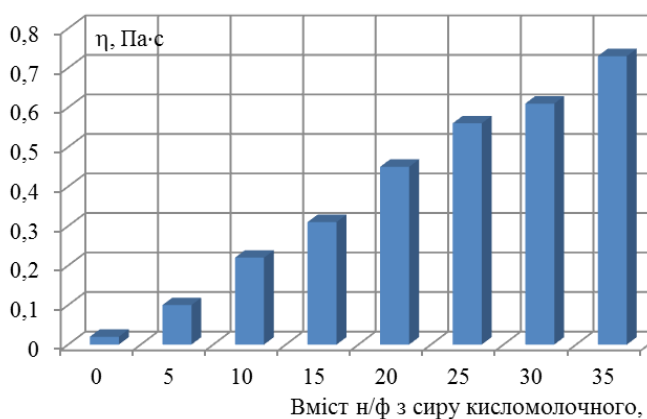


Рис. 4.38. В'язкість рецептурних сумішей залежно від вмісту напівфабрикату з сиру кисломолочного ($\gamma=200 \text{ c}^{-1}$)

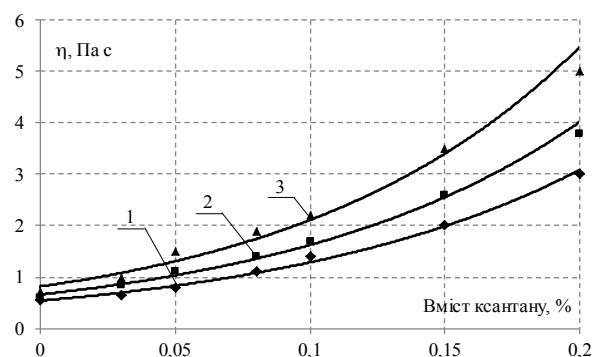


Рис. 4.39. В'язкість рецептурних сумішей залежно від вмісту ксантану за масової частки напівфабрикату з сиру кисло-молочного, %: 1 – 25; 2 – 30; 3 – 35 ($\gamma=230 \text{ c}^{-1}$)

Досліджено структурно-механічні властивості модельних систем залежно від вмісту ксантану, крохмалю модифікованого та карагінану. Вищезначені гідроколоїди обрано з урахуванням їх технологічних властивостей, а саме діапазону температур, за яких корегуються структурно-механічні властивості рецептурних сумішей та напівфабрикатів (температура клейстеризації крохмалю, плавлення та застигання гелів) в технологічному потоці їх виробництва (термообробка, екструзія, охолодження, зберігання).

Таблиця 4.23

Характеристика структурно-механічних властивостей рецептурних сумішей залежно від вмісту крохмалю модифікованого та карагінану

Вміст напівфабрикату з СК, % за вмісту ксантану 0,15 %	Вміст крохмалю, %	Структурно-механічні властивості модельних систем за вмісту карагінану, %					
		η , Па · с	Миттєвий модуль пружності, $\cdot 10^{-3}$, Па				
			0	0,7	0,8	0,9	1,0
25	5	4,1±0,1	2,1±0,1	2,4±0,1	2,6±0,1	2,8±0,1	2,9±0,1
	7	5,6±0,1	2,4±0,1	2,5±0,1	2,9±0,1	3,1±0,1	3,3±0,1
	9	7,4±0,1	2,7±0,1	2,9±0,1	3,2±0,1	3,6±0,1	3,8±0,1
30	5	5,4±0,1	2,3±0,1	2,6±0,1	2,9±0,1	3,1±0,1	3,3±0,1
	7	6,9±0,1	2,5±0,1	2,7±0,1	3,0±0,1	3,3±0,1	3,5±0,1
	9	8,3±0,1	2,9±0,1	3,3±0,1	3,5±0,1	3,8±0,1	3,9±0,1
35	5	7,2±0,1	2,5±0,1	2,7±0,1	3,0±0,1	3,3±0,1	3,5±0,1
	7	8,8±0,1	2,6±0,1	2,8±0,1	3,1±0,1	3,5±0,1	3,8±0,1
	9	10,3±0,1	3,1±0,1	3,3±0,1	3,6±0,1	3,9±0,1	4,1±0,1

Експериментально визначено раціональний уміст основних рецептурних компонентів у складі напівфабрикатів, який складає: напівфабрикату з сиру кисломолочного – 25...30%, карагінану – 0,8...0,9%, крохмалю модифікованого – 7,0...8,0%, камеді ксантану – 0,10...0,15%. Раціональні параметри одержання структурованих сфероподібних напівфабрикатів, їх рецептурний склад та технологічну схему виробництва наведено в табл. 4.24, 4, 25 та рис. 4.40.

Таблиця 4.24

**Раціональні параметри одержання структурованих сфероподібних
напівфабрикатів капсульованих на основі ТРС_c**

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

Таблиця 4.25

**Рецептурний склад структурованих сфероподібних напівфабрикатів
капсульованих на основі ТРС_c**

Найменування рецептурних компонентів	Витрати сировини, %
ТРС _c (сироватка молочна)	51,2
Напівфабрикат з сиру кисломолочного	22,4
Крохмаль кукурудзяний модифікований	5,6
Каррагінан	0,7
Камідь ксантану	0,1
Маса суміші для капсулювання	80,0
Альгінат натрію	0,3
Вода питна підготовлена	19,7
Маса розчину для формування оболонки	20,0
Маса напівфабрикату	100,0

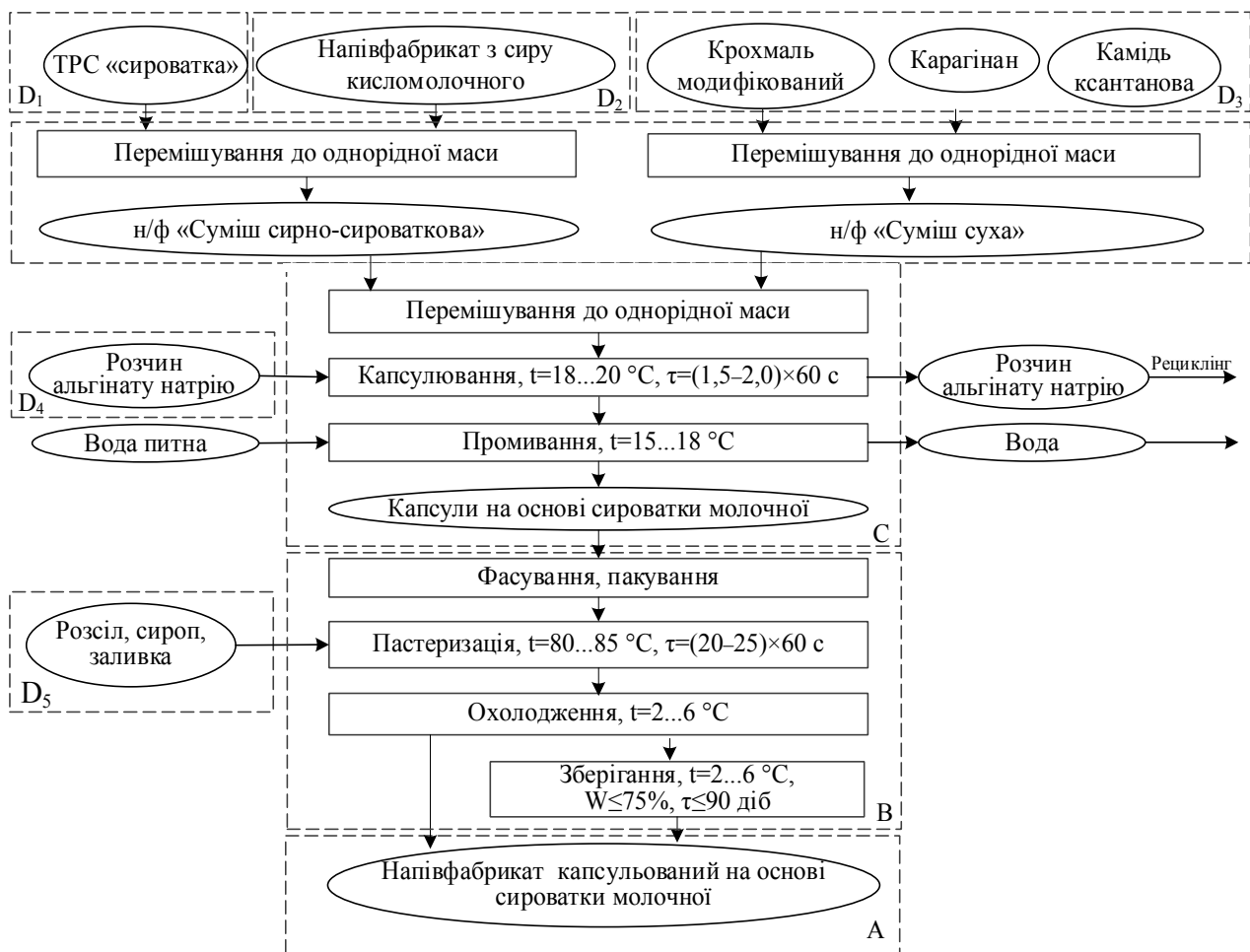


Рис. 4.40. Технологічна схема виробництва напівфабрикату на основі сироватки молочної капсульованого, де А, В, С, D₁ – D₅ – підсистеми

4.5.3 Наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих

Використання принципів капсулювання ТРС є ефективним у поєднанні з попереднім концентруванням ТРС_м за певних факторів згущення. Це дозволяє сконцентрувати систему та на наступному етапі розбавити її ТРС_с за обґрунтованих співвідношень з утворенням ТРС_{сум}. Такий підхід певною мірою дозволяє забезпечити необхідний рівень потенціалу іонного лактокальцію у ТРС_{сум}, здатного забезпечити капсулоутворення при взаємодії з альгінатом натрію. Можливість попереднього концентрування ТРС_м до факторів згущення $\Phi=1,0...4,0$ в поєднанні зі збагаченням його потенціалом іонного лактокальцію

за рахунок використання ТРС «сироватка» відкриває можливість одержання принципово нових напівфабрикатів на основі молочної сировини, в т.ч. сиру кисломолочного та сирів м'яких капсульованих, напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих.

Необхідність операції попереднього концентрування молочної сировини ґрунтується на необхідності наступного контрольованого розведення концентрату ТРС_с, що дозволяє:

- забезпечити необхідний за величиною рівень потенціалу

$$P_{Ca^{2+}_{Lact}} = \mu_{Ca^{2+}_{Lact}} \cdot C_{Ca^{2+}_{Lact}} ;$$

- регулювати величину концентраційної гелі-точки як чинник гелеутворення при термокислотній коагуляції казеїну у складі ТРС_{сум};
- регулювати харчову та біологічну цінність структурованих сфероподібних напівфабрикатів.

З точки зору реалізації технологічного процесу капсулоутворення використання у технологічному потоці ТРС у вигляді молока незбираного або знежиреного не є принциповим, оскільки у системі « $Alg^- - Ca^{2+}_{Lact}$ » вплив жирової фази на здатність *AlgNa* до капсулоутворення не є суттєвим. Під час технологічних відпрацювань доведено доцільність використання в технології структурованих сфероподібних молочних напівфабрикатів молока незбираного, в технології кисломолочних напівфабрикатів – молока знежиреного. У таблиці 4.26 наведено загальний хімічний склад ТРС_м, а також їх концентратів.

Таблиця 4.26

Загальний хімічний склад ТРС

Найменування ТРС _м	Масова частка						
	сухих речовин, %	жиру, %	азотвмісних речовин (на протеїн) з НБА, %	НБА, %	лактози, %	золи, %	Ca^{2+}_{Lact} , мг%
1	2	3	4	5	6	7	8
ТРС _м (молоко незбиране)	12,7±0,1	3,4±0,5	3,3±0,1	0,16±0,01	4,7±0,1	0,71±0,02	10,1±0,1
ТРС _м (молоко концентроване;	45,7±0,3	12,2±0,4	11,2±0,2	0,62±0,01	16,9±0,3	2,56±0,06	36,0±0,1

Φ=3,6)							
--------	--	--	--	--	--	--	--

Продовження табл. 4.26

1	2	3	4	5	6	7	8
ТРС _м (молоко знежирене)	8,9±0,2	0,50±0,01	3,21±0,1	0,13±0,05	4,7±0,1	0,45±0,01	10,5±0,1
ТРС _м (молоко концентроване знежирене; Φ=4,0)	35,6±0,2	1,9±0,01	12,82±0,2	0,55±0,05	18,8±0,4	1,85±0,02	38,2±0,1

З аналізу даних табл. 4.26 видно, що концентрування ТРС_м шляхом випарювання призводить до підвищення масової частки основних речовин (жир, азотвмісні речовини, лактоза, зола), а також спостерігається виникнення нових ароматичних сполук, у т.ч. і за рахунок дезамінування протеїнів. Вміст НБА для ТРС_м (молоко незбиране) зріс в 3,9 рази за Φ=3,6, для ТРС_м (молоко знежирене) – у 4,2 рази за Φ=4,0.

З точки зору реалізації процесу капсулоутворення важливим є уміст іонного лактокальцію в рецептурній суміші. У ТРС_м уміст Ca_{Lact}^{2+} складає 3,7... 10,5 мг%, що є типовим для зразків, що досліджувалися. За фактору згущення Φ=3,6 вміст Ca_{Lact}^{2+} у ТРС_м зростає до 36,0 мг%.

Цю тезу підтверджено результатом дослідження модельних систем ТРС_{сум} (на основі ТРС_м за Φ=2...4), що містить 20,0...30,0 мг% лактокальцію. На рис. 4.41 наведено приріст маси оболонок при інкапсулюванні ТРС_{сум} з поступовим зменшенням фактору згущення ТРС_м до 1,0.

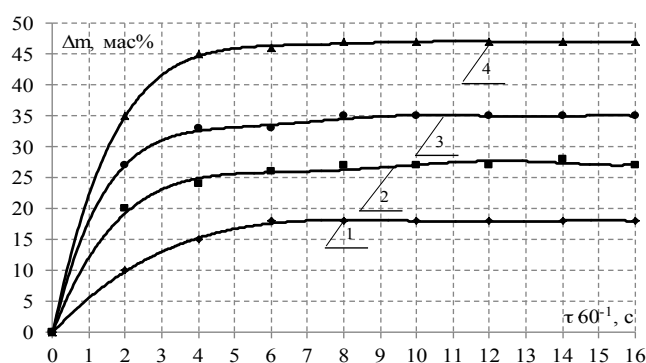


Рис. 4.41. Приріст маси капсул на основі $\text{TPC}_{\text{сум}}$ (концентрації $\text{Ca}_{\text{Lact}}^{2+}$ 20,0–30,0 мг% (2, 3, 4) та 35,0–40,0 мг% (1)) за фактора згущення: 1, 2, 3, 4 – 4,0; 3,0; 2,0; 1,0 відповідно

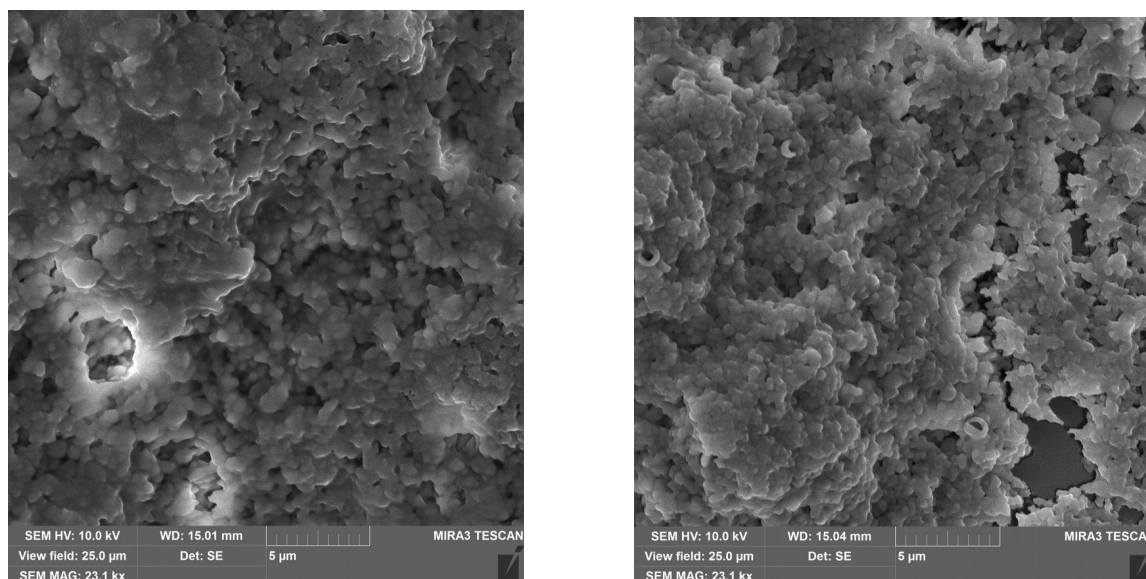
Аналіз даних рис. 4.41 свідчить, що зі зростанням коефіцієнту згущення приріст маси оболонки як функція від концентрації іонного лактокальцію, зменшується, що свідчить про зниження величини коефіцієнту дифузії. В даному випадку це обумовлено погіршенням «якості» розчинника, оскільки на фоні підвищення концентрації сухих речовин зростає частка зв'язаної вологи, не здатної виконувати роль дисперсійного середовища для дифузій іонного лактокальцію. Наведені дані підтверджують важливість густини інкапсулянта для забезпечення процесу капсулювання і свідчать, що зі зростанням фактору згущення TPC_m одночасному корегуванню підлягає концентрація лактокальцію (крива 4 проти кривих 1, 2, 3). Ці дані враховано при розробці нових технологій, у т.ч. технологій сирів м'яких капсульованих, де використання концентратів TPC_m обумовлено відсутністю видимого синерезису за рахунок підвищеного вмісту сухих речовин, а процес купажування та капсулювання використано як попередні технологічні операції.

Встановлено, що середнє значення за вмістом іонного лактокальцію для TPC_m складає $38,2 \pm 0,3$ мг%, що забезпечується його концентруванням у 4,0 рази. Якщо екстраполювати ці концентрації іонного лактокальцію на сухі речовини TPC_m , то (згідно даних рис. 4.32) цієї концентрації лактокальцію достатньо для капсулоутворення, а кінетика процесу забезпечує формоутворення зі значенням $k_{\phi}=1$. Але при зростанні концентрації сухих речовин в концентратах в 3,6...4,0 рази зменшується кількість вільної вологи і функція розчинника та дисперсійного середовища змінюються, оскільки вільна волога дисперсійного середовища трансформується в зв'язану. Тому згідно виразу (3.52) при прогнозуванні кінетики капсулоутворення необхідно враховувати зростання молекулярної та іонної концентрації інших речовин, що блокують в значній мірі дифузію іонів $\text{Ca}_{\text{Lact}}^{2+}$ в зону контакту з

оболонкоутворювачем. Таку технологічну ситуацію, яка виникає внаслідок зростання концентрації інших речовин в TPC_M з $\Phi=4,0$, може бути відкореговано шляхом введення TPC_C . Вміст сухих речовин в TPC_C складає близько 6,0% (табл. 4.22), а іонного лактокальцію – $80,0 \pm 1,0$ мг%.

Введення в TPC_M з $\Phi=4,0$ 20,0 мас.% TPC_C призводить до зростання Ca_{Lact}^{2+} до критичної концентрації у суміші і забезпечує високу кінетику капсулоутворення. Оскільки при одержанні сиру кисломолочного відбувається ущільнення білкового згустку та синерезис сиру, Ca_{Lact}^{2+} концентруються саме у сироватці, що стримує її пряме використання у традиційних технологічних процесах. Але з точки зору капсулоутворення таке накопичення є бажаним. Важливо підкреслити, що вади смаку сироватки, які пов'язано з присутністю Ca_{Lact}^{2+} (гіркий присмак), при капсулюванні зникають, оскільки значна частка Ca_{Lact}^{2+} утворює нерозчинну сіль альгінату кальцію без гіркого присмаку.

Підтвердженням обґрунтованих концентрацій рецептурних компонентів у складі напівфабрикатів є фотографії мікроструктури їх внутрішнього вмісту (рис. 4.42).



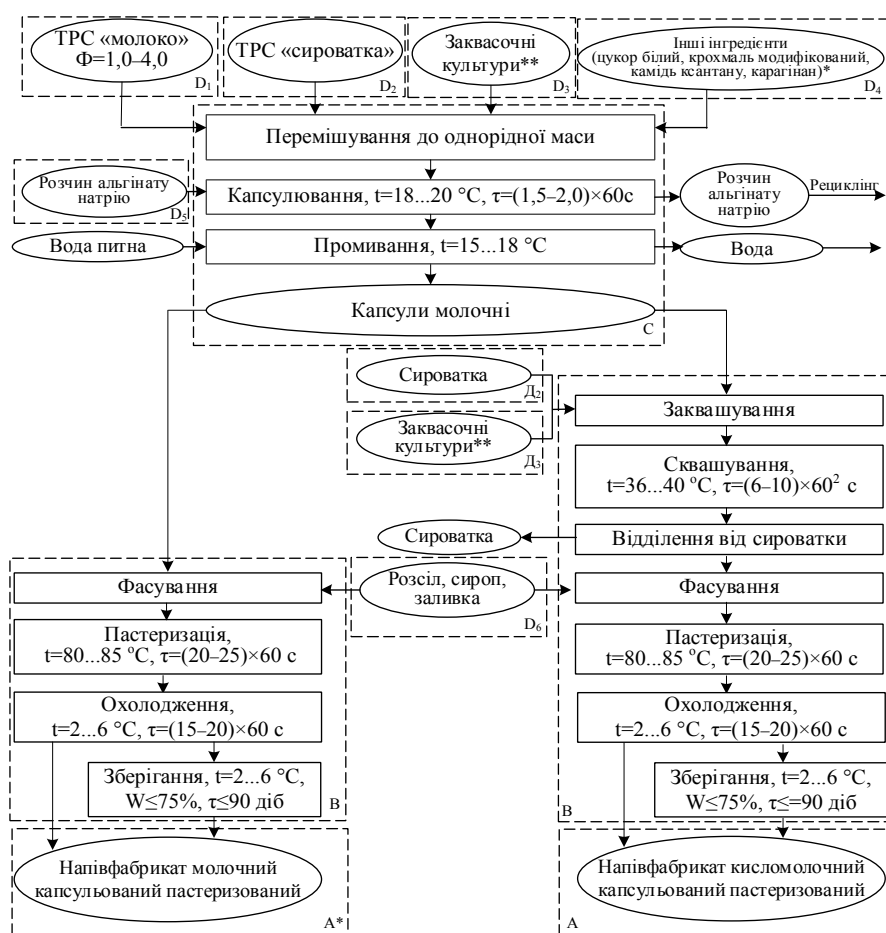
а

б

Рис. 4.42. Мікроструктура внутрішнього вмісту напівфабрикатів кисломолочних: а – сквашених; б – сквашених пастеризованих

Таким чином, кероване корегування станів TPC_M та TPC_C створює необхідні передумови для розробки технології принципово нових структурованих сфероподібних напівфабрикатів, у тому числі й капсульованих.

На рис. 4.43 наведено модель технологічного процесу одержання напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих як необхідної умови одержання принципово нової продукції у формі капсул.



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

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

Рис. 4.43. Технологічна схема виробництва напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих, де А, А* В, С, D₁ – D₆ – підсистеми

Під час моделювання технологічного процесу передбачено введення іншої сировини, що не є інгібітором процесу капсулоутворення, в т.ч.

використання ферментних препаратів для сквашування інкапсульованої молочної сировини з одержанням заданої кисломолочної продукції.

Узагальнення одержаних експериментальних результатів дозволило розробити технологічний процес виробництва нової продукції. На першому етапі здійснюють складання рецептурної суміші. До її складу входять ТРС_м (молоко питне, молоко згущене, молоко сухе тощо), ТРС_с (роль якої полягає в збагачення суміші Ca_{Lact}^{2+}) та смако-ароматичні композиції (за необхідністю). На наступному етапі здійснюють капсулювання рецептурної суміші з одержанням капсул молочних різних розмірних характеристик $((1,0 \dots 15,0) \cdot 10^{-3} \text{ м})$.

Надалі технологічний процес може здійснюватися за двома напрямками. В першому випадку капсули молочні піддають сквашуванню, яку здійснюють шляхом використання заквасочних культур, які складаються зі штамів молочнокислих та ароматоутворюючих стрептококів. Передбачено, що внесення заквасочних культур може здійснюватися як на стадії формування рецептурної суміші для капсулювання через середовище інкапсулянту, так і через поверхню капсул, які попередньо розміщені у рідкому середовищі для ферментації, наприклад, сироватці. В результаті у середині капсули відбувається формування сирного зерна, а на момент закінчення процесу ферментації внутрішній уміст капсули являє собою м'який сир. Заквасочні культури, що застосовується, визначають вид та характерні особливості м'яких сирів, обумовлюють протікання мікробіологічних, біохімічних (ферментативних) процесів у молоці та сирній масі, а також впливають на формування смаку та запаху м'яких сирів, їх фізико-хімічний склад та текстурні властивості.

Технологічний процес відповідно другого напрямку не передбачає процес сквашування. Тому на наступному етапів одержані напівфабрикати капсульовані заливають розсолем або сиропом залежно від асортименту та піддають пастеризації. При цьому оболонка капсул є термостабільною та не руйнується під дією температурного впливу. Внутрішній уміст капсул є однорідним, ніжним, пластичним, в міру щільним та соковитим. На останньому етапі одержану продукцію охолоджують та підправляють на зберігання та реалізацію. Слід зазначити, що асортиментний ряд продукції може

формування як за рахунок розміру капсул, так і додаткових рецептурних компонентів. Це дозволяє одержати широку гамму продукції – овочеві, пряні, фруктові, плодово-ягідні, шоколадні, кавові, карамельні та інші [510].

Зовнішній вигляд напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих наведено на рис. 4.44.



Рис. 4.44 Зовнішній вигляд напівфабрикатів капсульованих:
а – кисломолочних, б – молочних

Такий підхід є принципово новим і дає можливість реалізовувати інноваційні принципи переробки молока та молочних продуктів з одержанням харчової продукції з принципово новими товарознавчо-технологічними характеристиками, складом та технологічним призначенням.

Таким чином, прикладним аспектом запропонованих технологічних рішень є комплексна переробка молока, в межах якої створено нові харчові форми – сири м'які капсульовані закусочні, напівфабрикати молочні капсульовані. Базовим при цьому є реалізація принципів ресурсозбереження, екологізації виробництва, підвищення ефективності, створення високої додаткової вартості нової продукції, що в цілому забезпечує ефективність функціонування бізнесу у ланцюзі «молочна промисловість – ресторанна індустрія – споживач».

Висновки за розділом 4

1. Експериментально підтверджено теоретичні моделі динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію у складі TRC_m , TRC_c , $TRC_{сум}$, визначено закономірності утворення альгінат-кальцієвих комплексів за впливу технологічних чинників, науково обґрунтовано технологічні параметри одержання стабілізованих та структурованих сфероподібних напівфабрикатів

2. Обґрунтовано умови утворення альгінат-кальцієвих комплексів на модельних системах та в середовищі TRC , визначено раціональну концентрацію розчинів речовини – модифікатора альгінату натрію – 1,0...2,0 %.

3. Доведено, що зміна якісного та кількісного ССС TRC_m шляхом трансформації іонного лактокальцію у нерозчинний стан забезпечує підвищення його колоїдної стабільності, термо- та кислотостійкості. Встановлено, що використання альгінату натрію за концентрації розчину 1,0...2,0% та коректорів розчинності, використання яких забезпечує рН 5,0...5,5, за співвідношення TRC_m : комплексоутворювач як 100:10, зменшує вміст іонного лактокальцію на 10...30% до початкового вмісту та забезпечує колоїдну стабільність, термо- та кислотостійкість.

4. Визначенням молекулярно-масового розподілу фракцій у складі розчинів *AlgNa* та «*AlgNa* - Ca_{Lact} ». Доведено комплексоутворення *AlgNa* та Ca_{Lact}^{2+} , джерелом яких є TRC_M , що супроводжується збільшенням фракцій з М.м. 500 кДа, 1000 кДа та 2000 кДа та середньої молекулярної маси. Дослідження ІЧ-спектрів систем «*AlgNa* - Ca_{Lact} » підтвердили наявність утворення хелатних комплексів.

5. Досліджено закономірності впливу технологічних чинників на зміни органолептичних, фізичних та фізико-хімічних показників TRC_M як технологічної системи для одержання сиру кисломолочного. Встановлено, що зміну хімічного складу TRC_M , в тому числі мінерального складу зольного залишку, взаємозв'язано з кількістю лактокальцію, який вилучається. Спостерігається зменшення масової частки сухих речовин, в тому числі білків (з $3,1 \pm 0,1$ % до $2,9 \pm 0,1$ %), лактози (з $4,7 \pm 0,1$ % до $3,7 \pm 0,1$ %), а також значень активної кислотності з $6,6 \pm 0,1$ до $6,0 \pm 0,1$ та оптичної густини з 0,89 опт. од. до 0,55 опт. од.

6. Комплексно досліджено вплив вмісту Ca_{Lact} у TRC_M на органолептичні, фізичні, фізико-хімічні та технологічні властивості сиру кисломолочного. Визначено раціональний ступінь декальцифікації TRC_M (25...30 % до початкового вмісту лактокальцію) для одержання сиру кисломолочного. Доведено, що одержаний сир кисломолочного порівняно з контрольним зразком характеризується більшим (в 1,2 рази) показником ВУЗ ($52,2 \pm 1,0$ % та $42,0 \pm 1,0$ % відповідно), більшою масовою часткою вологи ($76,8 \pm 0,1$ % та $75,3 \pm 0,1$ % відповідно), що збільшує вихід готового продукту на 16,9%.

7. Шляхом оцінки потенціалів TRC_C доведено доцільність його використання як донора іонного лактокальцію для реалізації процесу капсулювання; визначено мінімальну концентрацію іонного лактокальцію ($20,0 \pm 0,1$ мг%), що забезпечує формування структурованих сфероподібних напівфабрикатів з коефіцієнтом форми 1. З урахуванням потенціалу лактокальцію визначено інноваційні принципи переробки молока та молочних продуктів з одержанням харчової продукції з принципово новими

товарознавчо-технологічними характеристиками, складом та технологічним призначенням. Розроблено та обґрунтовано рецептурний склад, раціональні параметри та технологічний процес виробництва напівфабрикатів капсульованих на основі TRC_m , TRC_c , $TRC_{сум}$.

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ, ОДЕРЖАНИХ ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ ЛАКТОКАЛЬЦІЮ, РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У СКЛАДІ КУЛІНАРНОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

У даному розділі узагальнено результати експериментальних досліджень та технологічних відпрацювань, спрямованих на визначення основних показників якості (органолептичні, фізико-хімічні, хімічний склад) й безпечності (мікробіологічні, токсикологічні, вміст харчових добавок) напівфабрикатів, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію, їх зміни під впливом технологічних чинників. Обґрунтовано умови і строки зберігання напівфабрикатів, розроблено рекомендації з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції ЗРГ.

Теоретичні й експериментальні дослідження з розробки та перевірки на адекватність теоретичних моделей динамічної рівноваги міцелярного та іонного лактокальцію у складі TRC_m та кінетики утворення альгінат-кальцієвих комплексів, виявлення закономірностей формування органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних показників напівфабрикатів дозволили визначити раціональні інтервали вмісту рецептурних компонентів та параметри технологічного процесу їх виробництва, які наведено у розділах 3, 4. З урахуванням одержаних даних розроблено блок-схему реалізації потенціалу лактокальцію, в межах якої визначено шляхи використання напівфабрикатів в

технології кулінарної та кондитерської продукції (рис. 5.1). Вони не є вичерпними, а віддзеркалюють лише ті, що обґрунтовано в даному дослідженні. З урахуванням того, що деякі показники напівфабрикатів досліджено й наведено в нормативних (технічні умови) та технологічних (технологічні інструкції) документах, вважали недоцільним їх дублювати, зосередивши увагу на визначенні їх хімічного складу, обґрунтуванні умов і строків зберігання, розробці науково обґрунтованих рекомендацій з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції.



Рис. 5.1. Шляхи використання потенціалу лактокальцію із зазначенням номенклатури напівфабрикатів, асортименту кулінарної та кондитерської продукції

З урахуванням того, що розроблені напівфабрикати є новими продуктами на споживчому ринку України, в підрозділах 5.1 – 5.4 наведено основні результати дослідження їх хімічного складу, органолептичних, фізико-

хімічних, мікробіологічних та токсикологічних показників упродовж зберігання.

Дослідження з обґрунтування умов та строків зберігання проводили з урахуванням коефіцієнту резерву та аггравованих температур відповідно МУК 4.2.1847.04 [435]. Умови (матеріал упаковки, температура, відносна вологість повітря, строки) зберігання напівфабрикатів наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Умови зберігання напівфабрикатів

Найменування параметру		Характеристика та значення показника для напівфабрикатів				
		десертної продукції	з сиру кисломолочного	на основі сироватки молочної капсульований	молочний та кисломолочний капсульований	гранульований
1		2	3	4	5	6
Упаковка		поліетиленова упаковка	газонепроникна упаковка, пакування в МГС–BIOGON NC 20	скляні банки з гвинтовою горловиною і металевими кришками	скляні банки з гвинтовою горловиною і металевими кришками	поліетиленова упаковка
зберігання, °С	температура за гарантійних умов	0...6	0...6	0...6	0...6	0...6
	за аггравованих температур	8...10	8...10	8...10	8...10	8...10
Відносна вологість повітря, %		73±2	73±2	73±2	73±2	73±2

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

зберігання, дібГривалість	за гарантійних умов	14	15	90	90	28
	за аггравованих температур	18	20	108	108	30
Коефіцієнт резерву		1,3	1,3	1,2	1,2	1,3

Враховуючи, що номенклатура розроблених напівфабрикатів достатньо велика, дослідження вищезначених показників наведено для 1...3 напівфабрикатів, що в цілому є підставою для комплексної оцінки їх показників якості та безпечності.

5.1 Дослідження основних показників якості та безпечності напівфабрикатів десертної продукції, розробка рекомендації з їх використання у складі кулінарної продукції

Дослідження органолептичних показників напівфабрикатів десертної продукції (на прикладі напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового) здійснювали на основі розробленої шкали сенсорної оцінки, результати якого представлено графічно у вигляді профілів зовнішнього вигляду та консистенції, кольору, запаху та смаку (рис. 5.2). Поряд з фактичною оцінкою органолептичних показників напівфабрикатів на профілографах представлено їх характеристику у описовому вигляді (табл. 5.2).

Виявлено, що напівфабрикати молочно-смородиновий та вершково-персиковий мають однорідну, нетягучу консистенцію, характеризуються відсутністю відшарування жирової фази та сироватки, пластівців білка, осаду, нерозчинних компонентів та крупінчастості, сторонніх домішок; для них характерно рівномірне розподілення соку концентрованого смородини чи пюре персикового.



Рис. 5.2. Профілограми органолептичної оцінки напівфабрикатів: — молочно-смородиновий; - - - - - вершково-персиковий

— молочно-смородиновий; - - - - - вершково-персиковий

Дослідження кольору напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового дозволили визначити його як молочно-білий, з наявністю відтінків, відповідних смородині чи персику, експерти характеризують його як натуральний, насичений, стійкий з рівномірним, непрозорим, однорідним та яскравим забарвленням за всім об'ємом.

Смак напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового визначено як молочний, солодкий, в міру кислий, з відсутністю смаку пастеризованого молока та прогірклого, достатньо виражений, натуральний, збалансований та гармонійний. Запах напівфабрикатів характеризується як виражений, чистий, збалансований, натуральний, молочний з наявністю запаху, який притаманний смородині чи персику.

Загальна оцінка напівфабрикатів за органолептичними показниками складає 4,90 та 4,95 балів відповідно для напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового. На основі проведених досліджень визначено органолептичні показники напівфабрикатів, що наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Органолептичні показники напівфабрикатів десертної продукції

Найменування показника	Характеристика напівфабрикатів	
	молочно-смородиновий	вершково-персиkový
1	2	3
Зовнішній вигляд	Однорідна загущена рідина	Однорідна загущена рідина
Консистенція	В'язка, без комочків нерозчинних компонентів, з відсутністю відшарування жирової фази, пластівців білку та сироватки, що відділилась, крупінчатості, осаду та сторонніх домішок з рівномірним розподіленням соку концентрованого смородини	В'язка, без комочків нерозчинних компонентів, з відсутністю відшарування жирової фази, пластівців білку та сироватки, що відділилась, крупінчатості, осаду та сторонніх домішок з рівномірним розподіленням пюре персикового
Колір	Натуральний, гармонійний, насичений, від світло-фіолетового до фіолетового, однорідний та рівномірний за всім об'ємом	Натуральний, гармонійний, насичений, від світло-кремового до світло-жовтого, однорідний та рівномірний за всім об'ємом

1	2	3
Запах та смак	Збалансований, натуральний, стійкий, виражений, чистий, молочний, кисло-солодкий, з вираженим смаком та запахом смородини, без сторонніх смаку та запаху	Збалансований, натуральний, стійкий, виражений, чистий, молочний, кисло-солодкий, з вираженим смаком та запахом персиків, без сторонніх смаку та запаху

Досліджено хімічний склад та фізико-хімічні показники напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового (табл. 5.3), амінокислотний склад їх білків (табл. 5.4), жирнокислотний склад ліпідів (табл. 5.7), мінеральний склад (табл. 5.8), вміст вітамінів [511].

Таблиця 5.3

Хімічний склад та фізико-хімічні показники напівфабрикатів десертної продукції (t=8...10°C)

Найменування показника	Значення показника для напівфабрикатів протягом зберігання, діб			
	молочно-смородиновий		вершково-персиковий	
	свіжо-виготовлений	18	свіжо-виготовлений	18
1	2	3	4	5
Масова частка сухих речовин, %	32,4±0,8	32,6±0,8	37,6±0,9	37,9±0,9
Масова частка білка, %	3,5±0,1	3,6±0,1	4,1±0,1	4,2±0,1
Масова частка загальних вуглеводів, %	24,8±0,5	24,7±0,5	23,0±0,5	23,1±0,5
в т.ч. сахарози, %	19,8±0,3	19,8±0,3	17,8±0,3	17,7±0,3
Масова частка жиру, %	3,5±0,1	3,5±0,1	10,0±0,3	10,0±0,3
в т.ч. молочного	3,5±0,1	3,5±0,1	10,0±0,3	10,0±0,3
Масова частка мінеральних речовин, %	0,60±0,01	0,61±0,01	0,50±0,01	0,51±0,01
Активна кислотність, од.	6,3±0,1	6,2±0,1	6,4±0,1	6,3±0,1

Продовження табл. 5.3

1	2	3	4	5
Титрована кислотність, °Т	27,0±1,0	28,0±1,0	26,0±1,0	27,0±1,0
Термостабільність за концентрації спирту, %:				
68	+	+	+	+
70	+	+	+	+
72	+	+	+	+
75	-	-	-	-

Встановлено, що за масової частки сухих речовин 32,4±0,8 % та 37,6±0,9 % напівфабрикати містять білки (3,5±0,1 % та 4,1±0,1 % відповідно), жири (3,5±0,1 % та 10,0±0,3 % відповідно), вуглеводи (24,8±0,5 % та 23,0±0,5 % відповідно), мінеральні речовини (0,60±0,01 % та 0,50±0,01 % відповідно). Масова частка сахарози становить 19,8±0,3 % та 17,8±0,3 % відповідно, жир представлено виключно молочним жиром. Розроблені напівфабрикати мають близькі показники активної та титрованої кислотності, є термостабільними за концентрації спирту 68 %, 70 % та 72 %.

Експериментально визначено амінокислотний склад білків напівфабрикатів десертної продукції (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Амінокислотний склад білків напівфабрикатів десертної продукції

Найменування амінокислоти (АК)	Вміст амінокислот в напівфабрикатах (на азотутримуючі речовини продукту)			
	молочно-смородиновий		вершково-персиковий	
	Вміст АК, мг/100	Вміст АК, %	Вміст АК, мг/100	Вміст АК, %
1	2	3	4	5
Незамінні, у т.ч.:	1457±6	41,6	1649±6	40,2
Валін	193±3	5,5	215±3	5,2
Ізолейцин	198±3	5,7	219±3	5,4
Лейцин	319±4	9,1	374±4	9,1
Лізін	255±3	7,3	271±3	6,6
Метіонін	88±2	2,5	99±2	2,5

Продовження табл. 5.4

1	2	3	4	5
Треонін	166±3	4,7	194±3	4,7
Триптофан	56±2	1,6	71±2	1,7
Фенілаланін	182±3	5,2	206±3	5,0
Замінні, у т.ч.:	2043±6	58,4	2451±6	59,8
Аргінін	119±3	3,4	127±2	3,1
Аспарагінова кислота	259±4	7,4	319±4	7,8
Гістидін	91±2	2,6	104±3	2,5
Гліцин	60±2	1,7	79±2	1,9
Глутамінова кислота	627±5	17,9	775±5	18,9
Пролін	337±4	9,7	403±5	9,8
Серин	210±3	6,0	246±3	6,1
Тирозин	200±3	5,7	227±3	5,5
Цистин	28±1	0,8	35±1	0,9
Аланін	112±2	3,2	136±2	3,3
Загальна кількість АК	3500±20	100,0	4100±20	100,0

У складі білків напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового ідентифіковано 18 амінокислот, 41,6 % та 40,2 % з яких припадає на незамінні, 58,4 % та 59,8 % – на замінні амінокислоти відповідно; співвідношення незамінних та замінних амінокислот становить 1:1,4 та 1:1,5 відповідно. Домінуючими серед незамінних амінокислот для напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового відповідно є лейцин (вміст складає 9,1 % та 9,1 %) та лізин (7,3 % та 6,6 %); серед замінних – аспарагінова (7,4 % та 7,8 %), глутамінова (17,9 % та 18,9 %) кислоти та пролін (9,6 % та 9,8 %).

Біологічну цінність білків оцінювали шляхом розрахунку амінокислотного скоря та порівняння його з амінокислотним скором ідеального білка (табл. 5.5). Аналіз якісного складу та кількісного вмісту незамінних амінокислот показав, що вміст амінокислот у складі напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового перевищує рівень ФАО/ВООЗ за такими амінокислотами, як триптофан, лізин, лейцин, ізолейцин. При цьому кількість метіоніну та цистіну в білках наближається до рівня їх вмісту в ідеальному білку. Лімітуючими амінокислотами є метіонін та цистін.

Біологічна цінність напівфабрикатів десертної продукції

Найменування АК	Рекомендований вміст ФАО/ВООЗ, мг/1 г білка	молочно-смородиновий		вершково-персиковий	
		Фактичний вміст, мг/на 1г білка	Амінокислотний скор	Фактичний вміст, мг/на 1г білка	Амінокислотний скор
Лейцин	70	91,1	130,1	106,8	152,6
Ізолейцин	40	56,6	141,5	62,5	156,3
Лізин	55	72,9	132,5	65,5	119,1
Валін	50	55,1	110,3	51,9	103,8
Триптофан	10	16,0	160,0	17,1	170,5
Треонін	40	47,4	118,6	46,8	116,9
Фенілаланін + тирозин	60	109,7	181,9	104,5	174,2
Метіонін + цистін	35	33,1	94,7	32,4	92,6

Для біологічно повноцінних білків важливим є не тільки присутність всіх незамінних кислот, але й їх збалансованість, для характеристики якої здійснено розрахунки незамінних амінокислот за «триптофановим» та «треоніновим» індексами (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Збалансованість незамінних амінокислот у складі напівфабрикатів десертної продукції

Найменування АК	Збалансованість за «триптофановим» індексом			Збалансованість за «треоніновим» індексом		
	Стандартна шкала ФАО/ВООЗ	молочно-смородиновий	вершково-персиковий	Стандартна шкала ФАО/ВООЗ	молочно-смородиновий	вершково-персиковий
Треонін	2...3	3,1	2,7	1,00	1,00	1,00
Лізин	3...5	4,7	3,8	1,10	1,54	1,40
Валін	4,0	3,6	3,0	1,50	1,16	1,11
Лейцин	4...6	5,9	5,3	1,70	1,92	1,93
Ізолейцин	3...4	3,6	3,1	1,40	1,19	1,13
Фенілаланін	2...4	3,4	2,9	1,10	1,10	1,06
Метіонін	1...4	1,6	1,4	0,70	0,53	0,51
Триптофан	1,0	1,0	1,0	0,25	0,34	0,36

Розрахунок «триптофанового індексу» показав, що напівфабрикати десертної продукції містять недостатню кількість валіну, співвідношення амінокислот за «треоніновим індексом» вказує те, що продукцію перевантажено лізином, лейцином, але недостатньо збалансовано за валіном, ізoleyцином. Досліджено ступінь ферментативного гідролізу напівфабрикатів десертної продукції, який складає 50,5 мг т/г; при цьому 37,4 мг т/г припадає на пепсиноліз, а 13,1 мг т/г на трипсиноліз, що свідчить про високий рівень доступності напівфабрикатів дії протеолітичних ферментів. Визначено жирнокислотний склад ліпідів десертної продукції (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів

десертної продукції

Найменування жирних кислот (ЖК)	Індекс кислоти	Вміст ЖК у складі напівфабрикатів			
		молочно-смородиновий		вершково-персиковий	
		г/100 г	%	г/100 г	%
1	2	3	4	5	6
Насичені ЖК, у т.ч.:	—	2,18±0,10	66,03	6,54±0,1	66,72
Масляна	C _{4:0}	0,12±0,05	3,76	0,37±0,01	3,86
Капронова	C _{6:0}	0,06±0,001	1,88	0,18±0,01	1,80
Каприлова	C _{8:0}	0,04±0,001	0,99	0,09±0,002	0,96
Капринова	C _{10:0}	0,07±0,001	2,27	0,23±0,01	2,21
Лаврінова	C _{12:0}	0,08±0,001	2,56	0,26±0,01	2,61
Міристинова	C _{14:0}	0,43±0,02	13,00	1,14±0,03	11,66
Пантодеканова	C _{15:0}	0,03±0,001	0,79	0,09±0,001	0,93
Пальмітинова	C _{16:0}	0,97±0,02	29,46	3,07±0,1	31,37
Маргарінова	C _{17:0}	0,02±0,001	0,45	0,04±0,001	0,43
Стеаринова	C _{18:0}	0,33±0,02	9,96	0,98±0,03	9,90
Арахінова	C _{20:0}	0,03±0,001	0,91	0,09±0,002	0,99
Мононенасичені ЖК, у т.ч.:	—	1,04±0,05	31,46	3,08±0,1	31,46
Міристолеїнова	C _{15:1}	0,07±0,001	2,27	0,21±0,01	2,19
Пальмитолеїнова	C _{16:1}	0,12±0,005	3,40	0,33±0,01	3,31
Олеїнова	C _{18:1 (n-9)}	0,85±0,02	25,79	2,54±0,1	25,96

Продовження табл. 5.7

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Поліненасичені ЖК, у т.ч.:	—	0,08±0,001	2,51	0,18±0,005	1,82
Лінолева	C _{18:2} (n-6)	0,05±0,001	1,58	0,14±0,005	1,39
Ліноленова	C _{18:3} (n-3)	0,01±0,001	0,35	0,02±0,001	0,23
Арахідонова	C _{20:4} (n-6)	0,02±0,001	0,58	0,02±0,001	0,20
Загальна кількість жирних кислот		3,3±0,1	100	9,8±0,1	100

Встановлено, що жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового представлено як насиченими жирними кислотами (66,03 % та 66,72 % відповідно), так і ненасиченими (33,97 % та 33,28 % відповідно), під час дослідження не виявлено транс-ізомерів жирних кислот, що можуть негативно впливати на функціонування різних систем організму. Виходячи з сучасних уявлень про фізіологічну роль жирних кислот, можна зробити висновок, що розроблений продукт є відносно збалансованим за жирнокислотним складом, що може характеризувати напівфабрикати як продукт з високою харчовою цінністю.

Визначено елементний склад мінерального залишку напівфабрикатів десертної продукції (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

**Елементний склад мінерального залишку напівфабрикатів
десертної продукції**

Найменування елементів мінерального залишку	Вміст елементів мінерального залишку у складі напівфабрикатів	
	молочно- смородиновий	вершково- персиковий
1	2	3
Макроелементи, мг%, у т. ч.:	564,0±10,0	463,0±7,0
Калій	193,0±3,0	139,0±3,0
Кальцій	103,0±3,0	93,0±2,0
Магній	15,0±0,3	12,0±0,3
Натрій	46,0±0,5	45,0±0,5
Сірка	26,0±0,5	21,0±0,3
Фосфор	86,0±2,0	76,0±1,0
Хлор	95,0±2,0	77,0±1,0

Продовження табл. 5.8

1	2	3
---	---	---

Мікроелементи, мкг%, у т.ч.:	477,0±7,0	463,0±7,0
Алюміній	75,0±2,0	66,0±2,0
Залізо	59,0±2,0	114,0±3,0
Йод	6,0±0,2,	5,0±0,1,0
Марганець	4,0±0,1	12,0±0,3
Мідь	8,0±0,3	10,0±0,3
Молібден	4,0±0,1	3,0±0,1
Олово	9,0±0,3	7,0±0,3
Селен	1,0±0,05	1,0±0,05
Фтор	12,0±0,3	10,0±0,3
Хром	14,0±0,3	11,0±0,3
Цинк	285,0±6,0	224,0±6,0

Елементарний склад мінерального залишку напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового представлено як макро-, так і мікроелементами, якісний склад та кількісний вміст яких визначається молочною та плодово-ягідною сировиною. Розроблені напівфабрикати є джерелом калію ($193\pm 3,0$ мг% та $139\pm 3,0$ мг% відповідно), натрію ($46,0\pm 0,5$ мг% та $45,0\pm 0,5$ мг %), кальцію ($103,0\pm 3,0$ мг% та $93,0\pm 2,0$ мг%), фосфору ($86,0\pm 2,0$ мг% та $76,0\pm 1,0$ мг%) та магнію ($15,0\pm 0,3$ мг% та $12,0\pm 0,3$ мг%) відповідно. Ідентифіковано залізо, йод та інші мікроелементи.

Під час визначення вітамінного складу напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового виявлено вітамін С у кількості $1,10\pm 0,02$ мг/100г та $1,40\pm 0,03$ мг/100г, В₄ (холін) – $16,5\pm 0,3$ мг/100г та $11,8\pm 0,2$ мг/100, В₇ (біотин) – $2,20\pm 0,04$ мг/100г та $1,60\pm 0,03$ мг/100г, В₉ (фолацин) – $3,50\pm 0,07$ мг/100г та $3,00\pm 0,06$ мг/100г відповідно.

Оцінку безпечності розробленої продукції здійснювали відповідно Державних санітарних норм та правил «Медичні вимоги до якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сировини», затвердженими наказом МОЗ України № 1140 від 29.12.2012 [429] шляхом визначення мікробіологічних показників (табл. 5.9), вмісту токсичних елементів, радіонуклідів та харчових добавок.

**Мікробіологічні показники
напівфабрикатів десертної продукції протягом зберігання (t=8...10°C)**

Найменування показників	Допустимі рівні	Значення показника для напівфабрикатів протягом зберігання, діб									
		молочно-смородиновий					вершково-персиковий				
		Свіжовиготовлений	5	10	15	18	Свіжовиготовлений	5	10	15	18
БГКП (коліформи), в 0,1 г	не допускається	не виявлено					не виявлено				
Мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми, КУО в 1 г, не більше	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше	$1 \cdot 10^2$	не виявлено					не виявлено				
Патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду <i>Sallmonella</i> , в 25 г	не допускається	не виявлено					не виявлено				
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 г	не допускається	не виявлено					не виявлено				

За результатами дослідження мікробіологічних показників (табл. 5.9) встановлено, що бактерії групи кишкової палички в 0,1 г, плісняві гриби в 1 г, патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella* та *Listeria monocytogenes* в 25 не виявлено, а кількість МАФМ для напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового складає $1 \cdot 10^3$ в 1 г, що не перевищує встановлених норм (наказ МОЗ України №548 від 19.07.2012 р. «Мікробіологічні критерії для встановлення показників безпеки харчових продуктів») [431].

Порівняльний аналіз допустимого вмісту солей важких металів (відповідно до наказу МОЗ України №368 від 13.05.2013 «Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» [430]) з визначеним в рамках дослідження дозволяє стверджувати, що напівфабрикати відповідають вимогам чинного в Україні законодавства. Вміст радіонуклідів в напівфабрикатах десертної продукції не перевищує допустимі рівні, що встановлені ГН 6.6.1.1.-130 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137, стронцію-90 в продуктах харчування і питній воді» [433]: ^{137}Cs – 100 Бк/кг, ^{90}Sr – 20 Бк/кг, й складає 70 Бк/кг для цезію та 10 Бк/кг для стронцію.

Здійснено експертну оцінку напівфабрикатів десертної продукції щодо виду та вмісту харчових добавок на відповідність законодавчих та нормативних документів [434]. До складу напівфабрикатів десертної продукції входить стабілізаційна система, яка містить моно- і дигліцериди жирних кислот (Е 471), камідь гуарову (Е 412), натрій карбоксиметилцеллюлозу (Е 466), карагенан (Е 407) (табл. 5.10). Встановлено, що вміст таких харчових добавок, як моно- та дигліцериди жирних кислот та камідь гуару не нормується; за вмістом їх дозволено до використання в необхідній кількості. Вміст натрій карбоксиметилцеллюлози та карагану є суттєво нижчим максимально допустимого.

Таким чином, дослідження хімічного складу, показників якості та безпеки напівфабрикатів десертної продукції вказують на їх відповідність вимогам державної системи контролю якості та безпеки харчових продуктів.

Вміст харчових добавок у складі напівфабрикатів десертної продукції

Найменування харчової добавки	Е індекс	Максимальний рівень, мг/кг (ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2009)	Вміст, мг/кг
Моно- та дигліцериди жирних кислот	471	в необхідній кількості, мають статус GRAS	1500
Камідь гуарова	412	в необхідній кількості	1200
Натрій карбоксиметилцеллюлоза	466	5000	1000
Карагінан	407	20000	1300

Результати дослідження покладено в основу технічних умов ТУ У 15.8-01566330-264-2013 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини», Зміни 1:2018 та технологічної інструкції з їх виробництва (додатки Д.1 – Д.4).

Для обґрунтування умов та строків зберігання напівфабрикатів досліджено їх органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники (табл. 5.3, 5.9) відповідно умов, зазначених у табл. 5.1. Встановлено, що під час зберігання протягом 18 діб органолептичні показники напівфабрикатів не погіршуються. Спостерігається наявність осаду та нерівномірність розподілення плодово-ягідної сировини у напівфабрикаті вершково-персиковому, що головним чином утворюється внаслідок седиментації плодово-ягідної сировини та зникає під час перемішування. Під час зберігання протягом 18 діб хімічний склад напівфабрикатів та його фізико-хімічні показники практично не змінюються; виявлено незначне підвищення титрованої кислотності, що знаходиться в межах похибки, при цьому дослідження активної кислотності ($6,2 \pm 0,1$ од та $6,3 \pm 0,1$ од) вказують на стабільність досліджуваного показника. Визначення термостабільності напівфабрикатів десертної продукції вказує на їх сталість.

Аналіз одержаних даних щодо визначення мікробіологічних показників (табл. 5.9) дозволяє стверджувати, що під час зберігання напівфабрикатів протягом 18 діб БГКП в 0,1 г, плісняві гриби в 1 г, патогенні та умовнопатогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella* та *Listeria*

monocytogenes в 25 не виявлено, а кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів в 1 г коливається в межах $(1 \cdot 10^4)$... $(2 \cdot 10^4)$, що не перевищує встановлених норм. Таких чином, на підставі дослідження органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних показників обґрунтовано умови та строки зберігання напівфабрикатів десертної продукції – 14 діб за температури $0 \dots 6^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря не більше 75,0%.

Обґрунтування технологічних параметрів та розробка рекомендацій з використання напівфабрикатів у складі десертної продукції базується на визначенні впливу технологічних чинників на їх ефективну в'язкість (рис. 5.3), піноутворюючу здатність та стійкість піни (рис. 5.4), збитість та опір таненню (рис. 5.5). Узагальнення результатів дослідження дозволяє сформулювати наступні висновки.

Напівфабрикати є неньютонівськими рідинами, в'язкість яких залежить від швидкості зсуву. Розуміючи, що технологічний процес виробництва готової продукції передбачає механічний вплив на систему (перемішування, збивання), важливим є визначення ефективної в'язкості максимально зруйнованої структури.

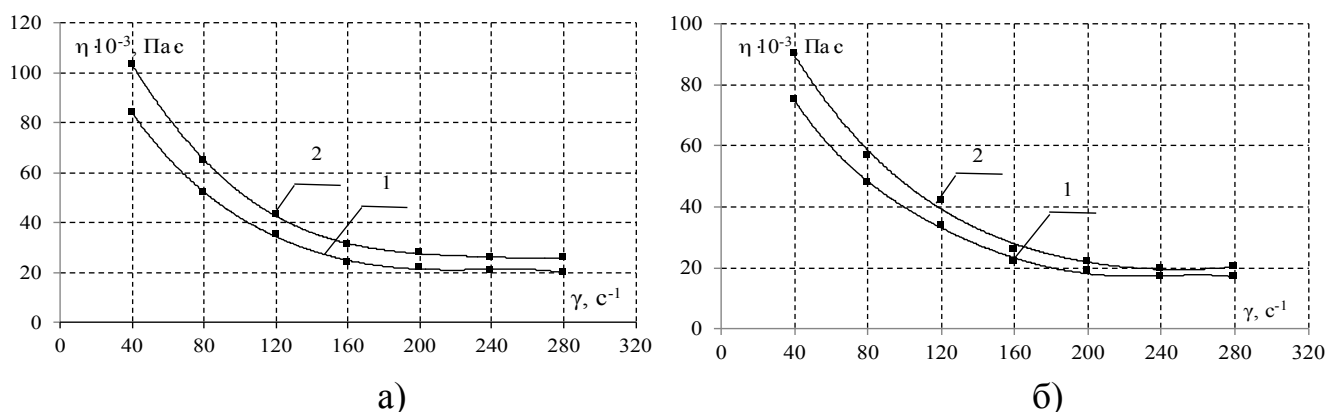


Рис. 5.3. Ефективна в'язкість напівфабрикатів десертної продукції залежно від швидкості зсуву (1 – молочно-смородиновий, 2 – вершково-персиковий) за температури $^\circ\text{C}$: а) $4,0 \pm 0,5$; б) $12,0 \pm 0,5$

З даних рис. 5.3 видно, що незалежно від виду складу напівфабрикатів та температури за швидкості зсуву більше 200 c^{-1} їх в'язкість набуває сталих значень й коливається в межах $(20,0 \dots 26,0) \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ (за температури

$4,0\pm 0,5$ °С) та $(20,2\dots 17,0)\cdot 10^{-3}$ Па·с (за температури $12,0\pm 0,5$ °С) для напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового відповідно. Встановлено, що напівфабрикати вершкові внаслідок більшої масової частки сухих речовин, зокрема, жиру молочного, характеризуються декілька вищою в'язкістю.

З урахуванням того, що процес фризеравання (виробництво м'якого морозива) та збивання напівфабрикатів (виробництво коктейлів, шейків, кремів) розпочинається за температури $4,0\pm 0,5$ °С, а закінчуються для морозива м'якого за температури мінус $4,0\dots 6,0$ °С, а для коктейлів та шейків – за температури $12,0\pm 0,5$ °С, досліджено вплив останніх на в'язкість напівфабрикатів. Виявлено, що з підвищенням температури, за якої реалізуються ті чи інші технологічні операції, в'язкість зменшується: з $(20,0\pm 0,5)\cdot 10^{-3}$ Па·с до $(17,0\pm 0,5)\cdot 10^{-3}$ Па·с для напівфабрикату молочно-смородинового та з $(26,0\pm 0,5)\cdot 10^{-3}$ Па·с до $(20,2\pm 0,5)\cdot 10^{-3}$ Па·с для напівфабрикату вершково-персикового (за $\gamma=240$ с⁻¹). Одержані експериментальні дані визначають інтервал в'язкісних характеристик, за яких забезпечується формування структури десертної продукції.

Для обґрунтування технологічних параметрів з виробництва десертної продукції, що має пінну структуру, досліджено піноутворюючу здатність й стійкість піни напівфабрикатів (рис. 5.4).

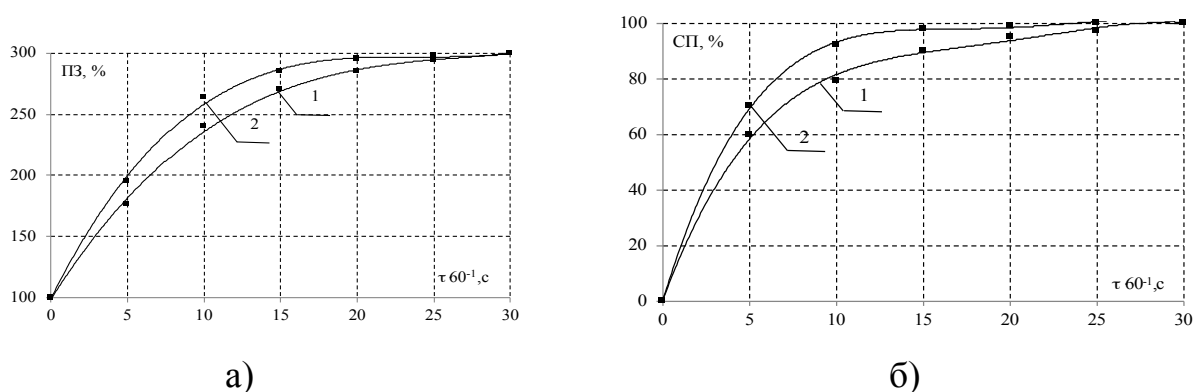
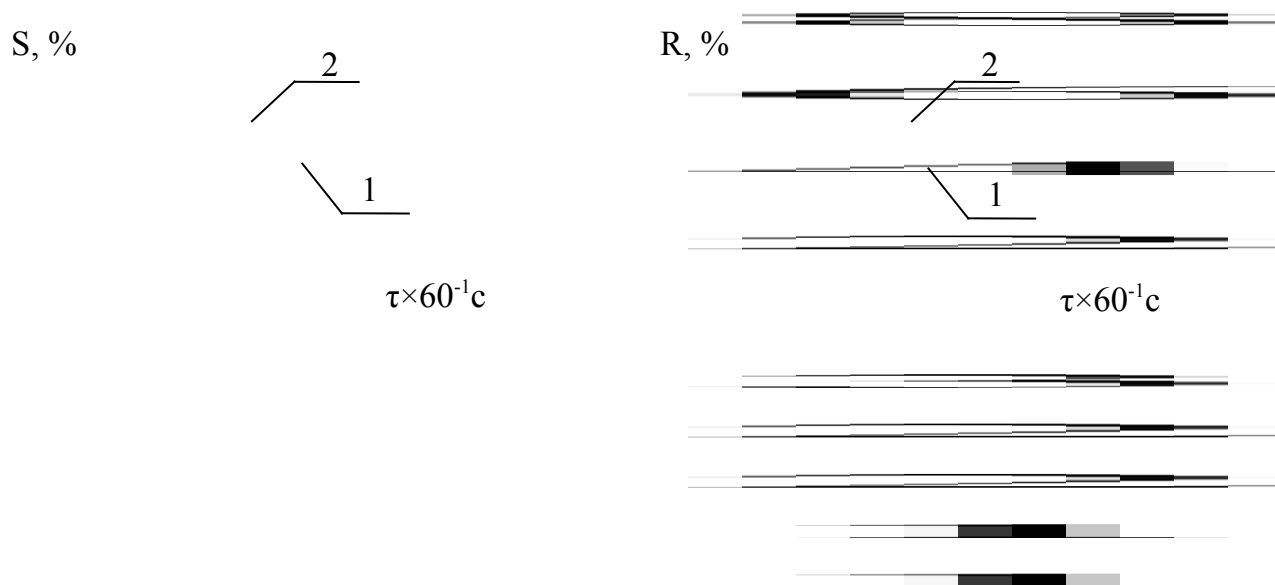


Рис. 5.4. Піноутворююча здатність (а) та стійкість піни (б) напівфабрикатів десертної продукції залежно від тривалості збивання: 1 – молочно-смородиновий, 2 – вершково-персиковий (за $t=4,0\pm 0,5$ °С)

Виявлено, що вищезначені показники несуттєво відрізняються один від одного. Так, зі збільшенням тривалості збивання піноутворююча здатність систем збільшується у 3 рази й досягає максимального значення $298 \pm 10\%$ через $20 \cdot 60$ с збивання. Стійкість піни має аналогічний характер: спочатку збільшується у перші $(15 \dots 20) \cdot 60$ с збивання, надалі є сталою й коливається в межах $95 \dots 100\%$. Дані результати є підґрунтям для визначення локальних технологічних параметрів виробництва десертної продукції. Зокрема, для виробництва коктейлів, шейків рекомендовано збивати напівфабрикати протягом $(2 \dots 3) \cdot 60$ с, кремів – $(15 \dots 20) \cdot 60$ с за температури не вище $4,0 \pm 0,5$ °С. Експериментально доведено, що введення до напівфабрикату інших рецептурних компонентів, які забезпечують формування асортименту готової продукції, – сиропи коктейльні (кленовий, «Баунті», «Гренадін», кавовий, «Лісний горіх» та інш.), кориця, карамелізований цукор у кількості $0,1 \dots 2,0$ % не погіршує процес піноутворення.

Для визначення раціональних параметрів виробництва м'якого морозива досліджено вплив тривалості фризрування на збитість та опір таненню напівфабрикатів (рис. 5.5).



а) б)

Рис. 5.5. Збитість (а) та опір таненню (б) напівфабрикатів десертної продукції залежно від тривалості фризрування: 1 – молочно-смородиновий, 2 – вершково-персиковий (за $t_{\text{поч}}=4,0\pm 0,5$ °C)

Встановлено, що їх зміна має однакові тенденції: зі збільшення тривалості фризрування показники збитості та опору танення підвищуються, набуваючи сталих значень (45 ± 2 % та 58 ± 2 % для напівфабрикатів молочно-смородинового та вершково-персикового відповідно) через 20·60с фризрування. Збиті маси на основі вершково-персикового напівфабрикату характеризуються більш високими показниками збитості (58...62 % проти 45...49 %) для напівфабрикату молочно-смородинового. Це, вірогідно, пов'язано з рецептурним та хімічним складом напівфабрикату, зокрема, більш високими масовими частками жиру молочного та стабілізаційної системи, за реалізації властивостей яких забезпечуються вищезначені показники.

На підставі технологічних відпрацювань розроблено рецептурний склад та технології десертної продукції на основі напівфабрикатів, принципову технологічну схему виробництва якої наведено на рис. 5.6 [512–513].

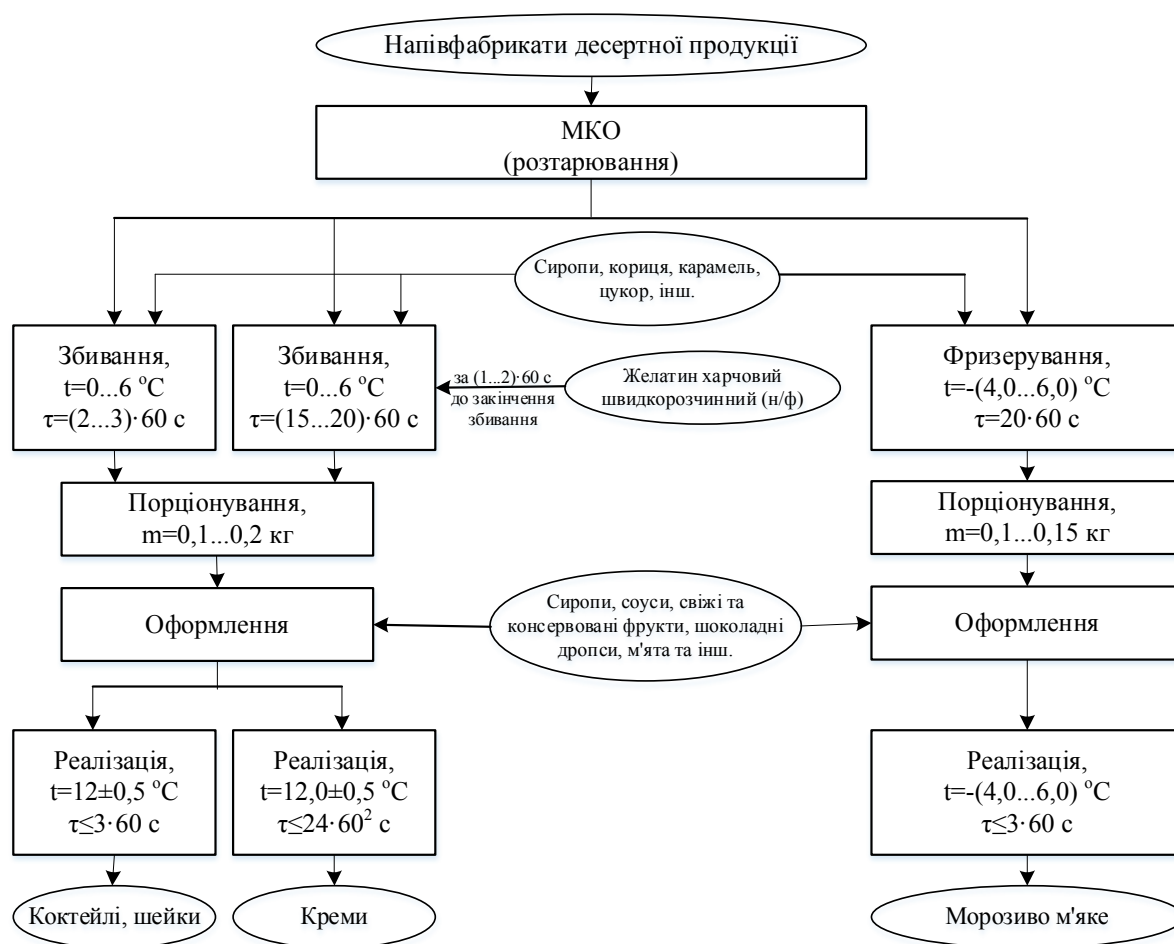


Рис. 5.6. Технологічна схема виробництва коктейлів, кремів, морозива м'якого на основі напівфабрикатів десертної продукції

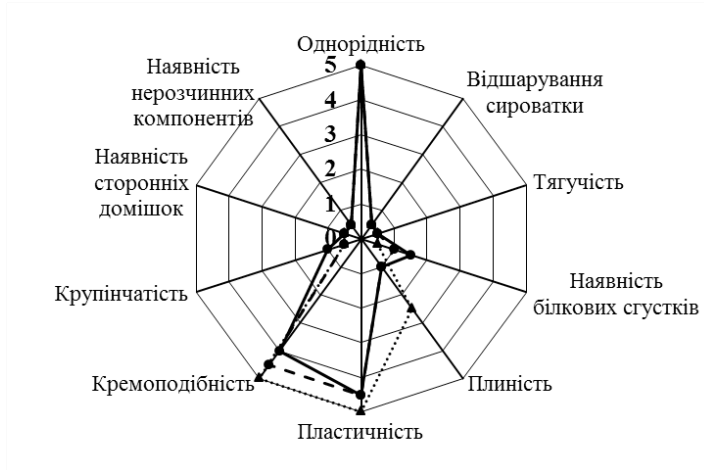
Асортимент кулінарної продукції на основі напівфабрикатів, рецептурний склад, технологію виробництва, умови, строки зберігання і реалізації відображено у технологічній інструкції з виготовлення десертів до ТУ У 15.8-01566330-264-2013 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини» та Зміни №1:2018 (додаток Д.5).

5.2 Дослідження основних показників якості та безпечності напівфабрикатів з сиру кисломолочного, розробка рекомендацій з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції

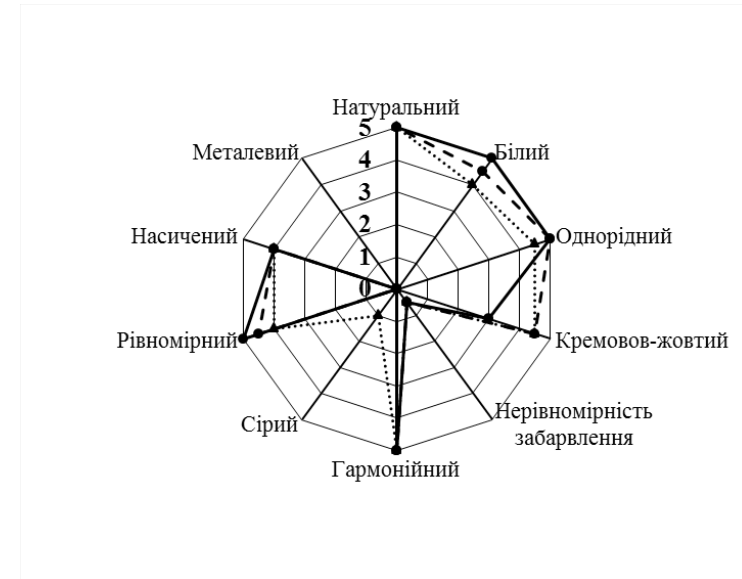
Відповідно до визначеного алгоритму досліджено основні показники якості та безпечності напівфабрикатів з сиру кисломолочного. Визначено (рис.

5.7), що за органолептичними показниками напівфабрикати з сиру кисломолочного мають однорідну консистенцію, характеризуються відсутністю відшарування сироватки та олії, білкових згустків, сторонніх домішок, нерозчинних компонентів та крупінчастості; для них характерна кремоподібна, пластична консистенція, для напівфабрикату з масовою часткою жиру 15% допускається незначна плинність. Дослідження кольору напівфабрикатів дозволяє визначити його як білий з кремово-жовтими відтінками; він характеризується експертами як натуральний, гармонійний, стійкий; відзначено відсутність сірих, металевих відтінків. Смак напівфабрикатів визначено як кисло-молочний, натуральний, збалансований, гармонійний, в міру кислий; відзначено відсутність прогорклого, гіркого, не натурального смаку. Загальна оцінка напівфабрикатів за органолептичними показниками складає 4,85; 4,90 та 4,90 балів відповідно для напівфабрикатів з масовою часткою жиру 5,0%, 10,0% та 15,0%.

Органолептичні показники напівфабрикатів з сиру кисломолочного наведено у табл. 5.11.



Зовнішній вигляд та консистенція



Колір



Запах



Смак

Рис. 5.7. Профілограми органолептичної оцінки напівфабрикатів з сиру кисломолочного за вмісту жиру, %:

— 5; - - - 10; ····· 15

Таблиця 5.11

Органолептичні показники напівфабрикатів з сиру кисломолочного

Найменування показника	Характеристика напівфабрикатів з масовою часткою жиру, %		
	5,0	10,0	15,0
Зовнішній вигляд та консистенція	Однорідна, кремоподібна, пластична, мазка маса з рівною, чистою поверхнею, без відділення сироватки та олії	Однорідна, кремоподібна, пластична, мазка маса з рівною, чистою поверхнею, без відділення сироватки та олії	Однорідна, кремоподібна, пластична, мазка маса з рівною, чистою поверхнею, без відділення сироватки та олії, злегка текуча
Колір	Від білого до кремово-жовтого, рівномірний за всією масою	Від білого до кремово-жовтого, рівномірний за всією масою	Від білого до кремово-жовтого, рівномірний за всією масою
Запах та смак	Виражений, чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаку та запаху	Виражений, чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаку та запаху	Виражений, кисломолочний, з легким післясмаком та запахом олії, без стороннього присмаку гіркоти

Досліджено хімічний склад та фізико-хімічні показники напівфабрикатів з сиру кисломолочного (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

Хімічний склад та фізико-хімічні показники напівфабрикатів сиру кисломолочного

3

Найменування показника	Вміст для напівфабрикатів з масовою часткою жиру, %					
	5		10		15	
	свіжовиготовлений	20 діб	свіжовиготовлений	20 діб	свіжовиготовлений	20 діб
1	2	3	4	5	6	7
Масова частка сухих речовин, %	23,3±0,5	23,5±0,5	27,4±0,5	27,6±0,5	31,3±0,5	31,6±0,5
Масова частка білка, %	14,4±0,1	14,5±0,1	13,7±0,1	13,8±0,1	12,9±0,1	13,0±0,1
Масова частка загальних вуглеводів, %	2,17±0,10	2,19±0,10	2,05±0,10	2,10±0,10	1,94±0,10	1,99±0,10
в т.ч. лактози, %	2,17±0,10	2,19±0,10	2,05±0,10	2,10±0,10	1,94±0,10	1,99±0,10

Продовження табл. 5.12

1	2	3	4	5	6	7
Масова частка жиру, %	5,0±0,1	5,0±0,1	10,1±0,1	10,1±0,1	15,1±0,1	15,1±0,1
в т.ч. олії соняшnikової, %	4,9±0,1	4,9±0,1	10,0±0,1	10,0±0,1	15,0±0,1	15,0±0,1
Масова частка мінеральних речовин, %	0,93±0,05	0,94±0,05	0,88±0,05	0,89±0,05	0,78±0,05	0,80±0,05
Масова частка органічних кислот, %	0,86±0,01	0,85±0,01	0,72±0,01	0,73±0,01	0,65±0,01	0,66±0,01
ВУЗ, %	54,5±1,0	54,0±1,0	55,2±1,0	55,0±1,0	56,3±1,0	56,0±1,0
Титрована кислотність, °Т	160±3	167±3	150±3	155±3	140±3	143±3

З наведених даних в табл. 5.12 видно, що з підвищенням масової частки жиру у напівфабрикатах масова частка білка знижується з 14,4±0,1 % до 12,9±0,1 %, лактози – з 2,17±0,10 % до 1,94±0,10 %, мінеральних речовин – з 0,93±0,05% до 0,78±0,05%, органічних кислот – з 0,86±0,01 % до 0,65±0,01 %. Вологоутримуюча здатність напівфабрикатів підвищується зі збільшенням масової частки жиру у рецептурному складі й коливається від 54,5±1,0 % до 56,3±1,0 %.

В межах дослідження хімічного складу визначено амінокислотний склад білків (табл. 5.13) та біологічну цінність, жирнокислотний склад ліпідів та мінеральний склад напівфабрикату (на прикладі напівфабрикату з масовою часткою жиру 10 %) [514–517].

У складі напівфабрикату з сиру кисломолочного виявлено 18 амінокислот, 42,8 % яких припадає на незамінні та 57,2 % – на замінні амінокислоти. Співвідношення незамінних та замінних амінокислот складає 1:1,3. Превалюючим серед незамінних амінокислот є лейцин (10,3 %) та лізин (8,1 %); серед незамінних – аспарагінова кислота (5,6 %), глутамінова кислота (18,3 %) та пролін (11,3 %).

Амінокислотний склад напівфабрикату з сиру кисломолочного
(масова частка жиру 10,0%)

Найменування амінокислоти (АК)	Вміст амінокислот в напівфабрикаті (на азотутримуючі речовини продукту)	
	Вміст АК, мг/100 г	Вміст АК, %
Незамінні, у т.ч.	5848±10	42,8
Валін	756±7	5,5
Ізолейцин	763±7	5,6
Лейцин	1400±10	10,3
Лізін	1104±10	8,1
Метіонін	365±3	2,7
Треонін	611±5	4,5
Триптофан	140±1	1,0
Фенілаланін	709±7	5,2
Замінні, у т.ч.	7806±10	57,2
Аланін	338±3	2,5
Аргінін	613±6	4,5
Аспарагінова кислота	768±7	5,6
Гістидин	425±4	3,1
Гліцин	198±1	1,5
Глутамінова кислота	2499±10	18,3
Пролін	1546±10	11,3
Серин	631±6	4,6
Тирозин	711±7	5,2
Цистин	77±1	0,6
Загальна кількість АК	13654±10	100

Біологічну цінність білка оцінювали шляхом розрахунку амінокислотного скору та порівняння його з амінокислотним скором ідеального білка (табл. 5.14).

Аналіз якісного та кількісного складу амінокислот показав, що вміст амінокислот у складі напівфабрикату з сиру кисломолочного перевищує рівень ФАО/ВООЗ за такими амінокислотами, як лейцин, лізін, ізолейцин та ін., при цьому вміст метіоніну, цистину та триптофану в білках наближається до рівня їх вмісту в ідеальному білку.

Біологічна цінність напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10,0%)

Найменування амінокислоти	Рекомендований вміст ФАО/ВООЗ, мг/1 г білка	Напівфабрикат з сиру кисломолочного	
		Фактичний вміст, мг/1 г білка	Амінокислотний скор
Ізолейцин	40	55,69	139,23
Лейцин	70	102,19	145,99
Лізин	55	80,58	146,51
Метіонін+цистин	35	35,83	102,37
Фенілаланін+тирозин	60	103,65	172,75
Треонін	40	44,59	111,48
Триптофан	10	10,21	102,10
Валін	50	55,18	110,36

Для характеристики збалансованості незамінних амінокислот розраховано «триптофановий» та «треоніновий» індекси (табл. 5.15). Розрахунок «триптофанового» індексу показав, що продукт містить дещо перевищену кількість лейцину і лізину. Аналіз співвідношення амінокислот за «треоніновим» індексом підтверджує, що напівфабрикат перевантажено лізином та лейцином, але недостатньо збалансований за валіном, ізолейцином, метіоніном та триптофаном.

Таблиця 5.15

Збалансованість незамінних амінокислот у складі напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10,0%)

Найменування АК	Збалансованість за «триптофановим» індексом		Збалансованість за «треоніновим» індексом	
	Стандартна шкала ФАО/ВООЗ	Напівфабрикат з сиру кисломолочного	Стандартна шкала ФАО/ВООЗ	Напівфабрикат з сиру кисломолочного
Треонін	2...3	4,4	1,00	1,00
Лізин	3...5	7,9	1,10	1,81
Валін	4,0	5,4	1,50	1,24
Лейцин	4...6	10,0	1,70	2,29
Ізолейцин	3...4	5,5	1,40	1,25
Фенілаланін	2...4	5,1	1,10	1,16
Метіонін	1...4	2,6	0,70	0,6
Триптофан	1,0	1,0	0,25	0,23

Біологічна цінність білків залежить не тільки від їх амінокислотного складу, а від ступеня їх перетравлення ферментів шлунково-кишкового тракту людини. Встановлено, що ступінь перетравлення білків пепсином для сиру кисломолочного становить $(11,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$ г тирозину, для напівфабрикату з сиру кисломолочного – $(14,5 \pm 0,3) \cdot 10^3$ г тирозину; трипсином – $(36,8 \pm 1,0) \cdot 10^3$ г тирозину та $(48,0 \pm 1,0) \cdot 10^3$ г відповідно. Концентрація продуктів гідролізу в діалізаті становить $(47,7 \pm 1,0) \cdot 10^3$ г та $(62,4 \pm 1,0) \cdot 10^3$ г тирозину відповідно. Перетравлюваність білків напівфабрикату з сиру кисломолочного протеолітичними ферментами *in vitro* підвищується у 1,3 рази порівняно з сиром кисломолочним.

Визначено жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикату з сиру кисломолочного (табл. 5.16).

Таблиця 5.16

Жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10,0%)

Найменування жирних кислот (ЖК)	Індекс кислоти	Вміст жирних кислот, г/100 г	Вміст жирних кислот, %
Насичені ЖК, у т.ч.:		1,13±0,03	11,92
Пальмітинова	C _{16:0}	0,62±0,01	6,54
Стеаринова	C _{18:0}	0,41±0,01	4,32
Арахінова	C _{20:0}	0,03±0,0005	0,32
Бегенова	C _{22:0}	0,07±0,0005	0,74
Мононенасичені ЖК, у т.ч.:		2,37±0,10	25,00
Олеїнова	C _{18:1}	2,37±0,10	25,00
Поліненасичені ЖК, у т.ч.:		5,98±0,20	63,08
Лінолева	C _{18:2}	5,98±0,20	63,08
Загальна кількість жирних кислот		9,48±0,20	100

Встановлено, що жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикату з сиру кисломолочного представлено як насиченими (11,92 %), так і ненасиченими (88,08 %) жирними кислотами. Під час дослідження не виявлено транс-ізомерів жирних кислот, що можуть негативно впливати на функціонування різних систем організму. Визначено елементний склад мінерального залишку напівфабрикату з сиру кисломолочного (табл. 5.17).

Елементний склад мінерального залишку напівфабрикату
сиру кисломолочного (масова частка жиру 10,0%)

3

Найменування елементів мінерального залишку	Вміст елементів мінерального залишку у складі напівфабрикату
Макроелементи, мг%, у т. ч.:	887±5
Калій	146±3
Кальцій	165±3
Магній	57±1
Натрій	145±3
Сірка	2,9±0,1
Фосфор	275±3
Хлор	96,1±1
Мікроелементи, мкг%, у т.ч.:	600,16±5
Алюміній	0
Залізо	240±3
Йод	3,2±0,1
Кобальт	1,45±0,05
Марганець	6,25±0,1
Мідь	48,0±1
Молібден	6,16±0,1
Олово	0,6±0,01
Селен	0,2±0,01
Фтор	2,9±0,1
Хром	0,20±0,01
Цинк	291,2±3

Визначено, що основними за вмістом мікроелементів є калій (146±3 %), кальцій (165±3 %), магній (57±1 %), натрій (145±3 %) та фосфор (275±3 %).

Безпечність розроблених напівфабрикатів оцінювали шляхом визначення мікробіологічних показників (табл. 5.18), вмісту токсичних елементів та радіонуклідів. За результатами дослідження мікробіологічних показників (табл. 5.18) встановлено, що розроблені напівфабрикати відповідають вимогам [431]. При цьому бактерії групи кишкової палички в 0,01 г, плісняві гриби в 1г, патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella* та *Listeria monocytogenes* в 25 у напівфабрикатах з сиру кисломолочного не виявлено, а загальна кількість життєздатних молочнокислих бактерій на кінець строку зберігання відповідає встановленим нормам.

**Мікробіологічні показники напівфабрикатів з сиру кисломолочного протягом зберігання за t=8...10°C
(масова частка жиру 10,0%)**

Найменування показника	Допустимі рівні	Свіжо виготовлений	Значення показника для напівфабрикатів протягом зберігання, діб,			
			5	10	15	20
Загальна кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту, не менше	1×10^6	$4 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^6$
БГКП (коліформи), в 0,01 г	не допускається	не виявлено	не виявлено			
Патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду <i>Sallmonella</i> , в 25 г	не допускається	не виявлено	не виявлено			
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 0,01 г	не допускається	не виявлено	не виявлено			
Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше	50	не виявлено	не виявлено			
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 г	не допускається	не виявлено	не виявлено			

Встановлено, що вміст токсичних елементів у напівфабрикатах з сиру кисломолочного не перевищує допустимих рівнів, встановлених наказом МОЗ України №368 від 13.05.2013 р. «Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах». Вміст радіонуклідів у напівфабрикатах з сиру кисломолочного не перевищує допустимі рівні, що встановлені ДГН 6.6.1.1.-130 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137, стронцію-90 в продуктах харчування і питній воді»: ^{137}Cs – 100 Бк/кг, ^{90}Sr – 20 Бк/кг, та складає 80 Бк/кг для цезію та 10 Бк/кг для стронцію [430, 433].

Харчові добавки у складі напівфабрикатів з сиру кисломолочного відсутні.

Одержані результати дослідження загального хімічного складу, показників якості та безпечності напівфабрикатів з сиру кисломолочного підтверджують відповідність даної продукції вимогам державної системи контролю харчових продуктів, їх покладено в основу технічних умов ТУ У 10.5 – 01566330-324:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного» та ТУ У 10.5 – 01566330-330:2018 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного «СИРНА ЛІНІЯ» та технологічної інструкції з їх виробництва (додатки Д.8 – Д.13).

При розробці нового продукту важливим є обґрунтування умов та строків його зберігання, визначення закономірностей зміни органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних та мікробіологічних показників. Обґрунтування умов та строків зберігання напівфабрикатів з сиру кисломолочного проводили за умов, визначених в табл. 5.1. Аналіз даних результатів органолептичної оцінки напівфабрикатів з сиру кисломолочного дозволяє стверджувати, що під час зберігання протягом 20 діб органолептичні показники не погіршуються.

Поряд з дослідженням органолептичних властивостей проводили дослідження фізико-хімічних показників напівфабрикатів з сиру кисломолочного, результати якого наведено у табл. 5.12. Встановлено, що масові частки вологи, білка, жиру та мінеральних речовин напівфабрикатів з сиру кисломолочного під час зберігання протягом 20 діб не змінюються (варіювання показників в межах похибки вимірювання). Експериментальні дослідження з визначення інших фізико-хімічних показників вказує на незначне підвищення титрованої

кислотності. Встановлено, що ефективна в'язкість напівфабрикатів під час зберігання протягом 20 діб знижується незначним чином – з $2,2 \pm 0,1$ Па·с до $2,0 \pm 0,1$ Па·с, вологоутримуюча здатність – з $54,5 \pm 1,0$ % до $52,3 \pm 1,0$ % та знаходиться в межах похибки.

Досліджено мікробіологічні показники напівфабрикатів з сиру кисломолочного протягом зберігання (табл. 5.18). Під час зберігання напівфабрикатів з сиру кисломолочного протягом 20 діб бактерії групи кишкової палички в 0,01 г, плісняві гриби в 1г, патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella* та *Listeria monocytogenes* в 25 у напівфабрикатах з сиру кисломолочного не виявлено. Таким чином, на підставі дослідження органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних та мікробіологічних показників обґрунтовано умови та строк зберігання напівфабрикатів з сиру кисломолочного – 15 діб за температури $0 \dots 6$ °С та відносної вологості повітря 75 % в модифікованому газовому середовищі BIOGON NC 20.

Використання напівфабрикатів з сиру кисломолочного для виробництва кулінарної та кондитерської продукції потребують дослідження впливу рецептурних компонентів та технологічних чинників на їх фізико-хімічні та технологічні властивості. Досліджено вплив солі кухонної й цукру білого та способів температурної обробки на середній діаметр білкових частинок (рис. 5.8, табл. 5.19 – 5.21), вологоутримуючу здатність (рис. 5.9, 5.10) та ефективну в'язкість напівфабрикату з сиру кисломолочного (рис. 5.11, 5.12).

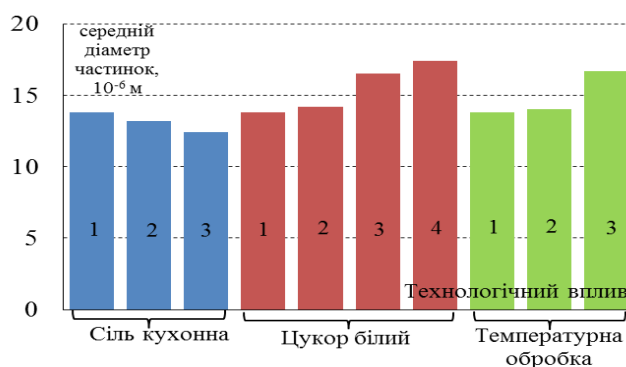


Рис. 5.8. Середній діаметр білкових частинок напівфабрикатів з сиру кисломолочного за впливу рецептурних компонентів та технологічних чинників (концентрація солі кухонної, %: 1 – 0; 2 – 0,5; 3 – 1,5; цукру білого, %: 1 – 0; 2 –

5; 3 – 10; 4 – 15; температурна обробка: 1 – без обробки; 2 – термообробка ($t=85\pm 5$ °C); 3 – низькотемпературна обробка ($t=-(18...20)$ °C))

Аналіз даних, наведених на рис. 5.8, 5.9, 5.10, дозволяє визначити наступні закономірності.

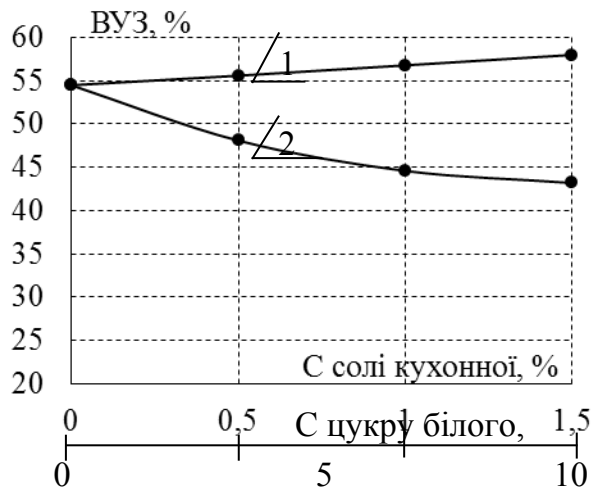


Рис. 5.9. ВУЗ напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10 %) залежно від масової частки рецептурних компонентів: 1 – сіль кухонна, 2 – цукор білий

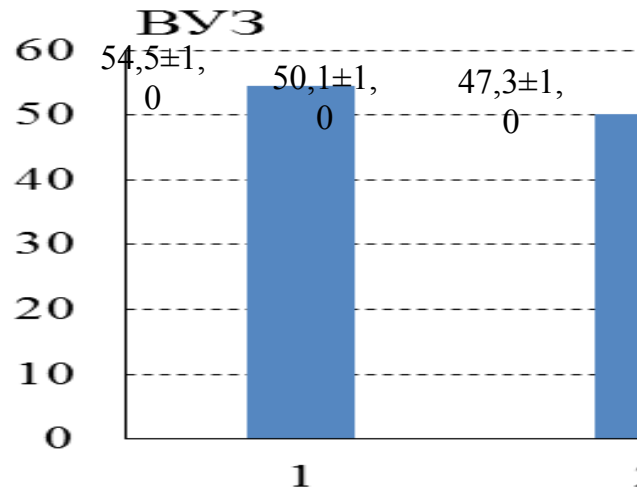


Рис. 5.10. ВУЗ напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10 %) залежно від параметрів термічної обробки: 1 – без обробки, 2 – термообробка ($t=85\pm 5$ °C, $\tau=30\cdot 60$ с), 3 – низькотемпературна обробка ($t=-(18...20)$ °C, $\tau=24\cdot 3600$ с)

Введення до складу напівфабрикатів солі кухонної призводить до незначного зменшення середнього діаметра білкових частинок (з $13,8\pm 0,1$ мкм до $12,4\pm 0,1$ мкм), збільшення вологоутримуючої здатності (з $54,5\pm 1,0$ % до $58,0\pm 1,0$ %) та ефективної в'язкості (з $2,2\pm 0,1$ Па \times с до $3,1\pm 0,1$ Па \times с за $\gamma=240$ с $^{-1}$). Вищезначені зміни, вірогідно, відбуваються внаслідок того, що сіль кухонна, яка у дисперсійному середовищі утворює іонний розчин, змінює заряд білка на поверхні молекули та його конформацію, які забезпечують підвищену розчинність та більш високий ступінь гідратації. Внаслідок збільшення гідратної оболонки збільшується вологоутримуюча здатність та підвищується в'язкість напівфабрикатів з сиру кисломолочного.

Таблиця 5.19

Розподілення білкових частинок напівфабрикату з сиру
кисломолочного (масова частка жиру 10 %) за впливу солі кухонної

Розмір білкових частинок (L), мкм	Масова частка солі кухонної, %		
	0	0,5	1,5
$\leq 10,0$	45,7	49,9	57,4
$10,0 < L \leq 20,0$	45,8	44,9	40,1
$20,0 < L \leq 30,0$	6,5	3,7	2,2
$30,0 < L \leq 40,0$	2,0	1,5	0,3
$> 40,0$	–	–	–
Взагалі	100	100	100
Середній діаметр білкових частинок	13,8	13,2	12,4

Таблиця 5.20

Розподілення білкових частинок напівфабрикату з сиру
кисломолочного (масова частка жиру 10 %) за впливу цукру білого

Розмір білкових частинок (L), мкм	Масова частка цукру білого, %			
	0	5	10	15
$\leq 10,0$	45,7	44,2	37,7	36,7
$10,0 < L \leq 20,0$	45,8	45,1	42,3	38,2
$20,0 < L \leq 30,0$	6,5	7,8	9,5	12,2
$30,0 < L \leq 40,0$	2,0	2,9	8,3	9,8
$> 40,0$	–	–	2,2	3,1
Взагалі	100	100	100	100
Середній діаметр білкових частинок	13,8	14,2	16,5	17,4

Таблиця 5.21

Розподілення білкових частинок напівфабрикату з сиру
кисломолочного (масова частка жиру 10%) за впливу температурної обробки

Розмір білкових частинок (L), мкм	Термообробка	Низькотемпературна обробка
$\leq 10,0$	44,5	38,7
$10,0 < L \leq 20,0$	45,8	40,4
$20,0 < L \leq 30,0$	6,9	9,9
$30,0 < L \leq 40,0$	2,8	7,9

>40,0	–	3,1
Взагалі	100	100
Середній діаметр білкових частинок	14,0	16,7

За присутності цукру білого як рецептурного інгредієнта спостерігаються зміни у розподіленні білкових частинок напівфабрикату – зменшення масової частки білкових частинок з розмірами $L \leq 20,0$ мкм за одночасного збільшення таких з розміром $20 < L \leq 40$ мкм; за використання цукру білого у кількості 10 % та 15 % виявлено частинки з розмірами $L > 40$ мкм (2,2 % та 3,1 % відповідно). Середній діаметр білкових частинок в інтервалі вмісту цукру 5...15 % підвищується у 1,1...1,3 рази порівняно з контрольним зразком.

Температурна обробка рецептурних сумішей на основі напівфабрикатів, яка передбачає високотемпературну обробку (варіння, смаження, запікання) як спосіб доведення до стану кулінарної готовності, так й низькотемпературну (заморожування) як спосіб зберігання, також впливає на властивості напівфабрикату й, безумовно, готової продукції на його основі. Експериментально встановлено, що термообробка за визначених параметрів практично не змінює середній діаметр білкових частинок ($14,0 \pm 0,1$ мкм), несуттєво впливає на вологоутримуючу здатність ($50,1 \pm 1,0$ %) та ефективну в'язкість систем ($2,1 \pm 0,1$ Па·с).

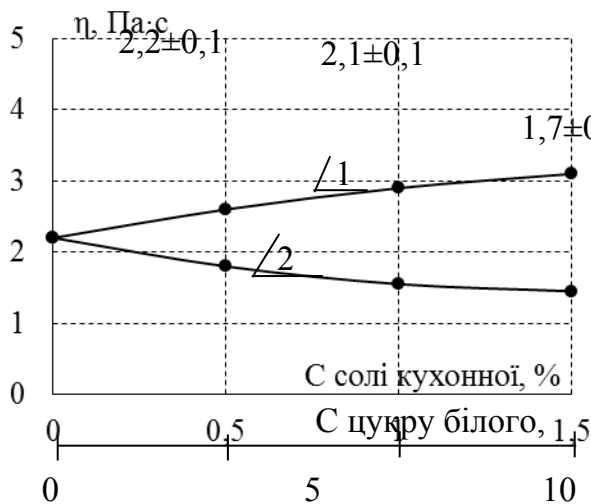


Рис. 5.11. Ефективна в'язкість напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10 %) залежно

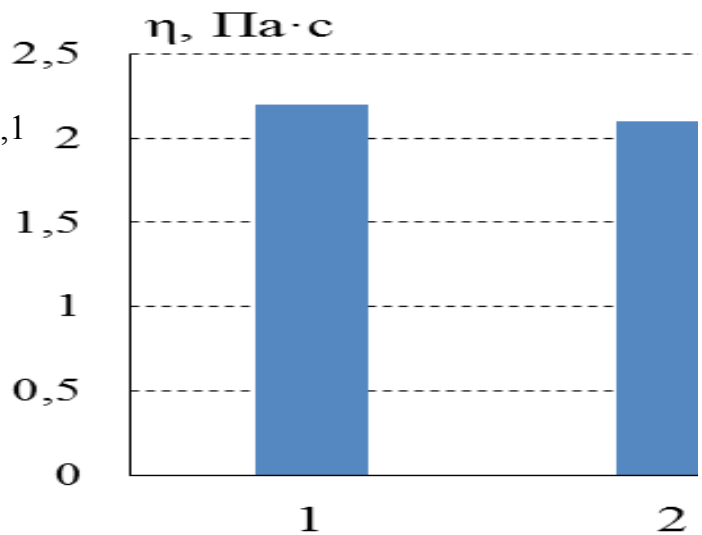


Рис. 5.12. Ефективна в'язкість напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10 %) залежно від

відвід масової частки рецептурних параметрів термічної обробки: 1 – без компонентів: 1 – сіль кухонна, 2 – обробки, 2 – термообробка ($t=85\pm 5$ °C, цукор білий (за $\gamma = 260$ с⁻¹) $\tau=30\cdot 60$ с), 3 – низькотемпературна обробка ($t=-(18\dots 20)$ °C, $\tau=24\cdot 3600$ с) (за $\gamma = 260$ с⁻¹)

Декілька інший вплив на властивості систем чинить низькотемпературна обробка. Після заморожування ($t =$ мінус $(18\dots 20)$ °C) та зберігання протягом 30 діб й розморожування спостерігається погіршення всіх показників, що досліджувались. Виявлено, що середній діаметр білкових частинок збільшився у 1,2 рази (з $13,8\pm 0,1$ мкм до $16,7\pm 0,1$ мкм), вологоутримуюча здатність зменшилась у 1,3 рази (з $54,5\pm 1,0$ % до $41,9\pm 1,0$ %), ефективна в'язкість – у 1,3 рази (з $2,2\pm 0,1$ Па·с до $1,70\pm 0,05$ Па·с).

Встановлено, що введення цукру білого суттєво впливає на вологоутримуючу здатність та ефективну в'язкість рецептурних сумішей. Так, в діапазоні концентрацій цукру білого, що досліджувався ($5\dots 15$ %), виявлено зменшення вологоутримуючої здатності у 1,3 рази (з $54,5\pm 1,0$ % до $43,2\pm 1,0$ %), ефективної в'язкості – у 1,5 рази (з $2,2\pm 0,1$ Па×с до $1,45\pm 0,05$ Па×с). Виявлені закономірності зміни властивостей систем пояснюються тим, що цукор білий (як високогідрофільна речовина), утворюючи молекулярний розчин у дисперсійному середовищі, чинить суттєвий дегідратуючий вплив на білкові молекули, внаслідок чого зменшується гідратна оболонка, відокремлюється волога, що призводить до зменшення вологоутримуючої здатності та ефективної в'язкості напівфабрикатів з сиру кисломолочного.

Вищезначені зміни, на наш погляд, пояснюються тим, що під впливом низьких температур відбувається механічне пошкодження структури внаслідок утворення кристалів льоду, змінюється поверхневий гідратний шар білкових частинок, внаслідок чого посилюються агрегаційні взаємодії між білковими молекулами, що пояснює збільшення середнього розміру білкових частинок, зменшення вологоутримуючої здатності та ефективної в'язкості.

Визначені закономірності впливу технологічних чинників на властивості напівфабрикатів є підґрунтям з розробки обґрунтованих рекомендацій з його використання у складі кулінарної та кондитерської продукції. Напівфабрикати з сиру кисломолочного можуть використовуватись у складі запіканок, пудингів,

кремів, закусочних паст для бутербродів, морозива, печива сирного, соусів тощо (рис. 5.13). Корегування рецептурного складу може відбуватися шляхом введення додаткових компонентів.

Під час технологічних відпрацювань розроблено рецептурний склад та технології кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного [518, 519]. Асортимент кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного, умови, строк зберігання та реалізації відображено у технологічній інструкції з виготовлення напівфабрикатів з сиру кисломолочного до ТУ У 10.5 – 01566330-324:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного» та ТУ У 10.5 – 01566330-330:2018 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного «СИРНА ЛІНІЯ».



Рис. 5.13. Шляхи використання напівфабрикатів з сиру кисломолочного

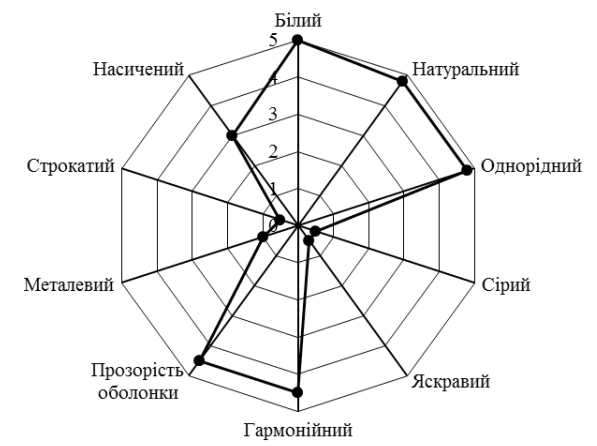
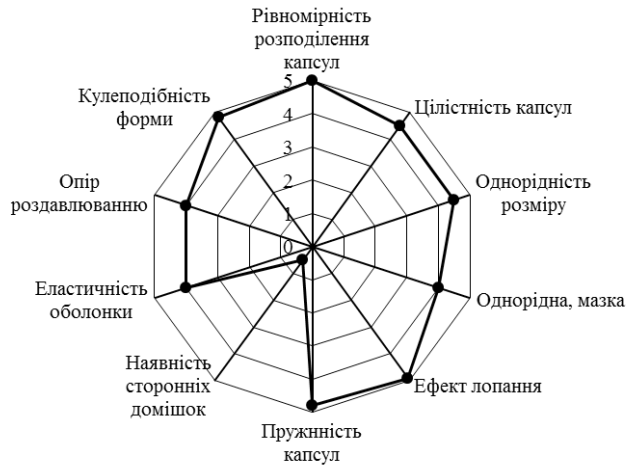
Під час технологічних випробувань відпрацьовано рецептурний склад та технологічний процес виробництва 12 найменувань кулінарної та кондитерської продукції, які наведено в технологічній інструкції (додаток Д.14).

5.3 Дослідження основних показників якості та безпечності напівфабрикатів структурованих сфероподібних, розробка рекомендацій з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції

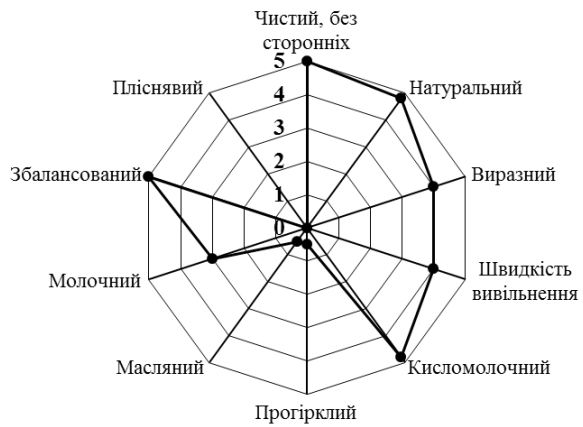
Експертною оцінкою органолептичних показників встановлено, що напівфабрикати капсульовані являють собою капсули кулеподібної форми, однорідні за розмірами, які рівномірно розподілено в заливці (залежно від асортименту – розсіл, цукровий сироп, соус); внутрішній уміст капсул декілька різниться за консистенцією. Так, напівфабрикатам на основі сироватки притаманна однорідна, пластична, мазка консистенція, молочним та кисломолочним – однорідна, пластична, злегка ламка або крихка, в міру щільна, без відділення сироватки. Оболонка капсул пружна, прозора, без пошкоджень, для капсул характерний ефект лопання. Колір нової продукції експерти оцінюють як однорідний, натуральний, що притаманний молочній продукції – від білого до світло кремового, визначають відсутність сірих, металевих відтінків, строкатості. Запах та смак оцінено як чистий, без сторонніх, натуральний, виразний, збалансований; відзначено наявність індивідуальних смаків: для напівфабрикату на основі сироватки – кисломолочний, в міру солоний; молочного капсульованого – вершковий; кисломолочного капсульованого – вершковий, сирний, допускається злегка кислуватий, пікантний. Загальна оцінка напівфабрикатів на основі сироватки, молочного капсульованого та кисломолочного капсульованого за органолептичними показниками складає 4,89; 4,95 та 4,97 балів відповідно.

Результати органолептичних показників напівфабрикатів капсульованих представлено графічно у вигляді профілів зовнішнього вигляду та консистенції, кольору, запаху та смаку (рис. 5.14 – 5.16); поряд з фактичною оцінкою органолептичних показників напівфабрикатів на профілографах представлено їх характеристику у описовому вигляді (табл. 5.22).

Досліджено хімічний склад та фізико-хімічні показники напівфабрикатів капсульованих (табл. 5.23).

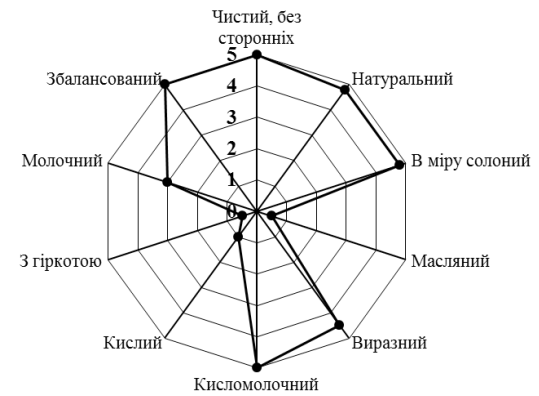


Зовнішній вигляд та консистенція



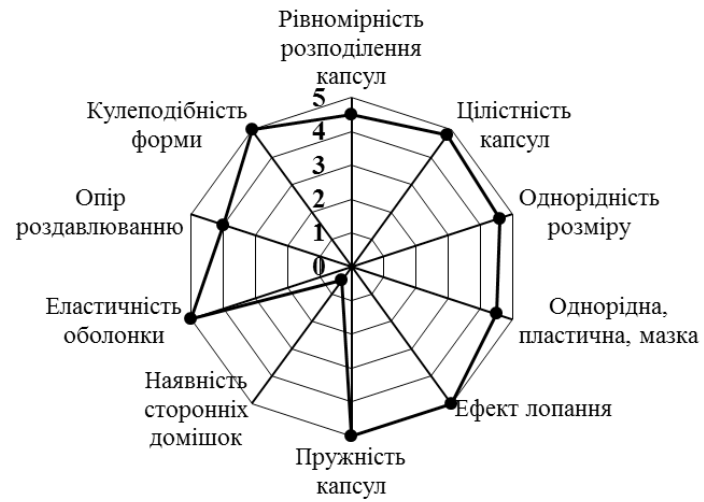
Запах

Колір



Смак

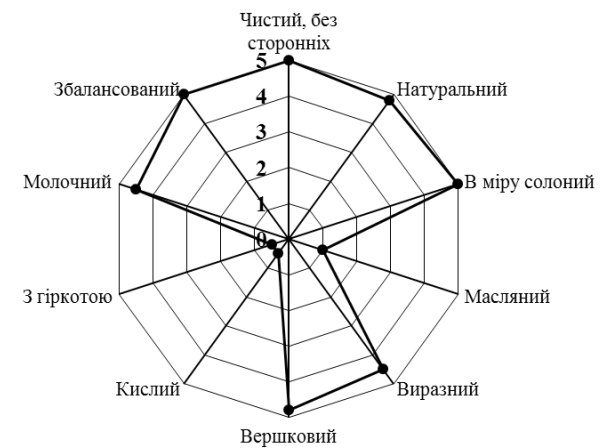
Рис. 5.14. Профілограми органолептичної оцінки напівфабрикатів на основі сироватки молочної капсульованих



Зовнішній вигляд та консистенція



Колір

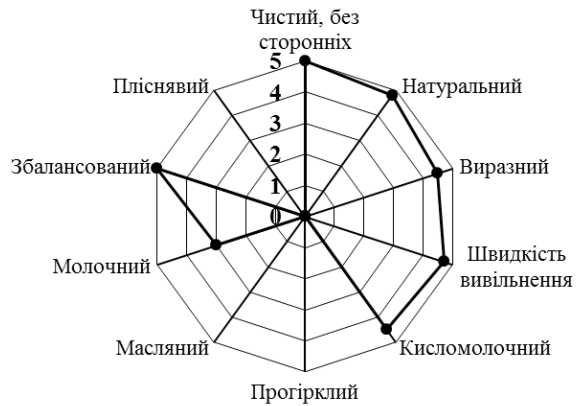


Запах

Рис. 5.15. Профілограми органолептичної оцінки напівфабрикатів молочних капсульованих



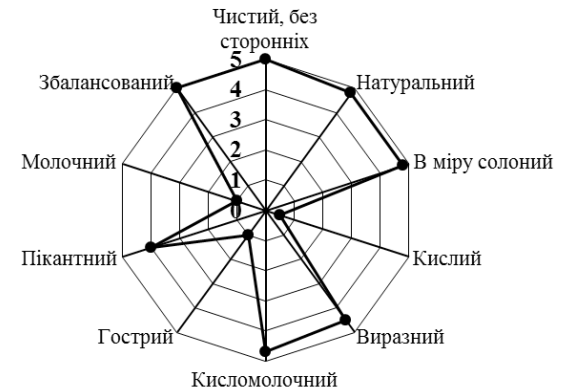
Зовнішній вигляд та консистенція



Запах



Колір



Смак

Рис. 5.16 Профілограми органолептичної оцінки напівфабрикатів кисломолочних капсульованих

Таблица 5.22

Органолептичні показники напівфабрикатів капсульованих

Найменування показника	Характеристика напівфабрикатів капсульованих		
	на основі сироватки	молочні	кисломолочні
Зовнішній вигляд	Капсули кулеподібної форми, однорідні за величиною, рівномірно розподілені в об'ємі заливки (розсолі, сиропу, соусу). Поверхня гладка без пошкоджень та сторонніх включень. Допускається незначна кількість пошкоджених капсул	Капсули кулеподібної форми та однорідні за величиною, рівномірно розподілені в об'ємі заливки (розсолі, сиропу, соусу). Поверхня капсул – чиста, без механічних ушкоджень та сторонніх включень, пружна. Допускається незначна кількість пошкоджених капсул	Капсули кулеподібної форми та однорідні за величиною, рівномірно розподілені в об'ємі заливки (розсолі, сиропу, соусу). Поверхня капсул – чиста, без механічних ушкоджень та сторонніх включень, пружна. Допускається незначна кількість пошкоджених капсул
Консистенція	Заливки – рідка, однорідна за всім об'ємом Капсул – однорідна, ніжна, пластична, мазка консистенція, без відділеної сироватки всередині капсули; оболонка пружна	Заливка – рідка, однорідна за всім об'ємом Капсул – пружні, капсули відділяються одна від одної (розбористі). Консистенція при розжовуванні – однорідна, ніжна, пластична, злегка ламка або крихка, в міру щільна, без відділеної сироватки	Заливка – рідка, однорідна за всім об'ємом Капсул – пружні, капсули відділяються одна від одної (розбористі). Консистенція при розжовуванні – однорідна, ніжна, пружна, шарувата, без відділеної сироватки
Колір	Від білого до світло-кремового, однорідний за всім об'ємом; оболонка прозора	Від білого до світло-кремового, однорідний за всім об'ємом; оболонка - прозора	Від білого до світло-кремового, однорідний за всім об'ємом
Смак та запах	Виражений кисломолочний, в міру солоний, без сторонніх присмаків та запахів	Приємний, вершковий, без сторонніх присмаків та запахів	Кисломолочний, вражений сирний, без сторонніх присмаків та запахів, властивий конкретному сиру. Смак в міру солоний, допускається злегка кислуватий, гострий, пікантний

Таблиця 5.23

Хімічний склад та фізико-хімічні показники напівфабрикатів капсульованих

Найменування показника	Значення показника для напівфабрикатів протягом зберігання, діб					
	на основі сироватки		молочні		кисломолочні	
	свіжо- виготовлений	108	свіжо- виготовлений	108	свіжо- виготовлений	108
Масова частка сухих речовин, %	17,95±0,50	18,31±0,5	23,92±0,50	24,34±0,5	23,11±0,5	23,63±0,5
Масова частка білка, %	3,4±0,1	3,5±0,1	7,1±0,1	7,2±0,1	7,1±0,1	7,2±0,1
Масова частка жиру, %	6,5±0,1	6,6±0,1	2,5±0,1	2,6±0,1	2,5±0,1	2,6±0,1
Масова частка загальних вуглеводів (%), в тому числі:						
крохмалю	7,8±0,1	7,95±0,1	13,2±0,5	13,4±0,5	12,4±0,5	12,7±0,5
лактози	5,6±0,1	5,8±0,1	3,9±0,1	4,1±0,1	3,9±0,1	4,1±0,1
	2,20±0,05	2,15±0,05	9,2±0,1	9,3±0,1	8,5±0,1	8,6±0,1
Масова частка мінеральних речовин, %	0,25±0,01	0,26±0,03	1,12±0,05	1,14±0,05	1,11±0,05	1,13±0,05
Активна кислотність, од.	4,7±0,1	4,6±0,1	6,3±0,1	6,2±0,1	4,7±0,1	4,5±0,1
Масова частка капсул в продукті, %	54,0±1,0	52,9±1,0	52,0±1,0	50,9±1,0	52,0±1,0	51,0±1,0

Встановлено (табл. 5.22), що напівфабрикати капсульовані різняться між собою за хімічним складом. Так, у складі напівфабрикатів на основі сироватки, молочного та кисломолочного капсульованих за масової частки сухих речовин відповідно $17,95 \pm 0,50\%$, $23,92 \pm 0,50\%$ та $23,11 \pm 0,50\%$ міститься: білків від $3,4 \pm 0,1\%$ (напівфабрикат на основі сироватки) до $7,2 \pm 0,1\%$ (напівфабрикати молочні та кисломолочні капсульовані); жирів – від $2,5\%$ (напівфабрикати молочні та кисломолочні капсульовані) до $6,5\%$ (напівфабрикат на основі сироватки); загальних вуглеводів – від $7,8 \pm 0,1\%$ до $13,2 \pm 0,1\%$; мінеральних речовин – від $0,25 \pm 0,01\%$ до $(1,11 \dots 1,12) \pm 0,05\%$ (для напівфабрикатів на основі сироватки, молочного й кисломолочного капсульованих відповідно).

Слід відзначити достатньо високий вміст білка ($7,1 \dots 7,2\%$) у складі напівфабрикатів молочного та кисломолочного капсульованих, що дозволяє позиціонувати їх як протеїнові продукти. Відповідно сучасних світових трендів споживання харчової продукції напівфабрикати капсульовані будуть затребувані у харчуванні ширкого кола населення, зокрема, за напрямками спортифікація (для чоловіків), фітнефікація (для жінок).

Визначено амінокислотний склад (табл. 5.24) білків та їх біологічну цінність, жирнокислотний склад ліпідів та мінеральний склад напівфабрикатів капсульованих. У складі напівфабрикату на основі сироватки виявлено 18 амінокислот, $43,57\%$ яких припадає на незамінні та $56,43\%$ – на замінні амінокислоти; співвідношення незамінних та замінних амінокислот складає 1:1,3. Превалюючим серед незамінних амінокислот є лейцин ($10,52\%$) та лізин ($8,21\%$); серед замінних – аспарагінова кислота ($6,10\%$), глутамінова кислота ($17,80\%$) та пролін ($10,33\%$).

Дослідження амінокислотного складу напівфабрикатів молочного та кисломолочного капсульованих дозволило виявити амінокислоти в загальній кількості $7059,34 \pm 10,0$ мг/100г, з яких $41,88\%$ припадає на незамінні ($2956,47 \pm 10,0$ мг/100 г) та $58,12\%$ – на замінні ($4102,87 \pm 10,0$ мг/100 г).

Амінокислотний склад білків напівфабрикатів капсульованих

Найменування амінокислоти (АК)	Вміст амінокислот в напівфабрикатах капсульованих (на азотутримуючі речовини продукту)			
	на основі сироватки		молочні та кисломолочні	
	Вміст АК, мг/100	Вміст АК, %	Вміст АК, мг/100	Вміст АК, %
Незамінні, у т.ч.:	1439,20±10,0	43,57	2956,47±10,0	41,88
Валін	180,32±3,0	5,46	396,38±4,0	5,61
Ізолейцин	198,72±3,0	6,02	395,07±4,0	5,60
Лейцин	347,52±4,0	10,52	671,99±5,0	9,52
Лізин	271,04±3,0	8,21	542,49±5,0	7,68
Метіонін	84,80±2,0	2,57	178,04±3,0	2,52
Треонін	153,12±3,0	4,64	318,60±4,0	4,51
Триптофан	36,16±1,5	1,09	103,13±3,0	1,46
Фенілаланін	167,52±3,0	5,07	350,76±4,0	4,97
Замінні, у т.ч.:	1863,74±10,0	56,43	4102,87±10,0	58,12
Аланін	81,49±2,0	2,47	202,80±3,0	2,87
Аргінін	146,24±3,0	4,43	249,82±3,0	3,54
Аспарагінова кислота	21,44±1,0	6,10	453,40±5,0	6,42
Гістидін	99,36±2,0	3,01	185,26±2,0	2,62
Гліцин	52,38±2,0	1,59	99,84±5,0	1,41
Глутамінова кислота	587,97±5,0	17,80	1472,48±5,0	20,86
Пролін	341,09±4,0	10,33	621,94±5,0	8,81
Серин	154,72±3,0	4,68	384,69±4,0	5,45
Тирозин	161,76±3,0	4,90	373,72±4,0	5,29
Цистин	37,28±1,0	1,13	58,91±1,0	0,83
Загальна кількість АК	3302,94±10,0	100,0	7059,34±10,0	100,0

Превалюючими незамінними амінокислот є лейцин (9,52 %) та лізин (7,68 %); замінними – аспарагінова кислота (6,42 %), глутамінова кислота (20,86 %) та пролін (8,81 %).

Біологічну цінність білків оцінювали шляхом розрахунку амінокислотного скоря та порівняння його з амінокислотним скором ідеального білка (табл. 5.25).

Біологічна цінність напівфабрикатів капсульованих

Найменування АК	Рекомендований вміст ФАО/ВООЗ, мг/1 г білка	на основі сироватки		молочні та кисломолочні	
		Фактичний вміст, мг/на 1г білка	Амінокислотний скор	Фактичний вміст, мг/на 1г білка	Амінокислотний скор
Лейцин	70	102,20	146,00	94,65	135,21
Ізолейцин	40	58,60	146,50	55,64	139,10
Лізин	55	79,70	144,90	76,41	138,93
Валін	50	53,04	106,08	55,83	111,66
Триптофан	10	10,64	106,40	14,53	145,30
Треонін	40	45,04	112,60	44,87	112,10
Фенілаланін + тирозин	60	96,85	161,42	102,04	170,07
Метіонін + цисті	35	35,91	102,60	33,37	95,34

Встановлено, що вміст амінокислот у складі напівфабрикати капсульованих суттєво перевищує рівень ФАО/ВООЗ за такими амінокислотами, як лейцин, ізолейцин, лізин, фенілаланін та тирозин. Кількість валіну, треоніну та триптофану в напівфабрикатах капсульованих наближається до рівня їх вмісту в ідеальному білку. Розрахунок «триптофанового індексу» показав, що напівфабрикати капсульовані перевантажено за треоніном, лізином, лейцином та ізолейцином, співвідношення амінокислот за «треоніновим індексом» вказує на те, що продукцію перевантажено лейцином, але недостатньо збалансовано за валіном, ізолейцином та метіоніном (табл. 5.26).

Встановлено, що ступінь перетравлення білків пепсином для напівфабрикаів на основі сироватки, молочних та кисломолочних капсульованих становить $(17,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$ г, $(26,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$ г та $(23,4 \pm 0,3) \cdot 10^3$ г тирозину відповідно; трипсином – $(51,0 \pm 0,5) \cdot 10^3$ г, $(59,0 \pm 0,5) \cdot 10^3$ г та $(52,7 \pm 0,5) \cdot 10^3$ г тирозину відповідно. Одержані дані свідчать про високий рівень доступності напівфабрикатів капсульованих дії протеолітичних ферментів.

Збалансованість незамінних амінокислот у складі напівфабрикатів капсульованих

Найменування АК	Збалансованість за «триптофановим» індексом			Збалансованість за «треоніновим» індексом		
	Стандартна шкала ФАО/ВООЗ	на основі сироватки	молочні та кисломолочні	Стандартна шкала ФАО/ВООЗ	на основі сироватки	молочні та кисломолочні
Треонін	2...3	4,2	3,1	1,00	1,00	1,00
Лізін	3...5	7,5	5,3	1,10	1,70	1,70
Валін	4,0	4,9	3,8	1,50	1,18	1,24
Лейцин	4...6	9,6	6,5	1,70	2,30	2,12
Ізолейцин	3...4	5,5	3,8	1,40	1,30	1,24
Фенілаланін	2...4	4,6	3,4	1,10	1,10	1,10
Метіонін	1...4	2,3	1,7	0,70	0,55	0,56
Триптофан	1,0	1,0	1,0	0,25	0,24	0,32

Визначено жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів капсульованих (табл. 5.27).

Таблиця 5.27

Жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів капсульованих

Найменування жирних кислот (ЖК)	Індекс кислоти	Вміст ЖК у складі напівфабрикатів, % від загальної кількості			
		на основі сироватки		молочні та кисломолочні	
		Кількість ЖК г/100г продукту	Вміст ЖК, %	Кількість ЖК г/100г продукту	Вміст ЖК, %
1	2	3	4	5	6
Насичені ЖК, у т.ч.		0,72±0,03	11,86	1,4±0,05	64,22
Масляна	C _{4:0}	-	-	0,08±0,002	3,67
Капронова	C _{6:0}	-	-	0,06±0,002	2,75
Каприлова	C _{8:0}	-	-	0,02±0,001	0,92
Капринова	C _{10:0}	-	-	0,06±0,002	2,75
Лаврінова	C _{12:0}	-	-	0,06±0,002	2,75
Міристинова	C _{14:0}	-	-	0,35±0,01	16,05
Пантодеканова	C _{15:0}	-	-	0,03±0,001	1,38
Пальмітинова	C _{16:0}	0,4±0,02	6,59	0,46±0,02	21,1
Маргарінова	C _{17:0}	-	-	0,01±0,001	0,46

1	2	3	4	5	6
Стеаринова	C _{18:0}	0,26±0,01	4,28	0,25±0,01	11,47
Арахінова	C _{20:0}	0,02±0,01	0,33	0,02±0,001	0,92
Бегенова	C _{22:0}	0,04±0,002	0,66	-	-
Мононенасичені ЖК, у т.ч.		1,52±0,05	25,04	0,67±0,03	30,73
Міристолейнова	C _{15:1}	-	-	0,03±0,001	1,38
Пальмитолейнова	C _{16:1}			0,07±0,002	3,21
Олейнова	C _{18:1 (n-9)}	1,52±0,05	25,04	0,56±0,02	25,69
Гадолейнова	C _{20:1}	-	-	0,01±0,001	0,45
Поліненасичені ЖК, у т.ч.		3,83±0,1	63,10	0,11±0,005	5,04
Лінолева	C _{18:2 (n-6)}	3,83±0,1	63,10	0,05±0,002	2,29
Ліноленова	C _{18:3 (n-3)}	-	-	0,02±0,001	0,92
Арахідонова	C _{20:4 (n-6)}	-	-	0,04±0,002	1,83
Загальна кількість жирних кислот		6,07±0,1	100	2,18±0,1	100

Підтверджено, що жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикатів капсульованих визначається сировиною, що використовується у складі продукції. Так, до складу напівфабрикату на основі сироватки входять рослинні жири у вигляді олії соняшникової рафінованої дезодорованої та масло вершкове (як залишкове у складі молока знежиреного та сиру кисломолочного нежирного). У складі цього напівфабрикату за загального вмісту жирних кислот 6,07±0,1 % переважають моно- (25,04 %) та полі- (63,10%) ненасичені жирні кислоти.

Рецептурний склад напівфабрикатів молочних та кисломолочних капсульованих передбачає використання молока згущеного, вершків, наслідком чого є суттєве підвищення масової частки насичених жирних кислот (до 64,22%), зменшення моно- та поліненасичених (до 30,73% та 5,04% відповідно) жирних кислот. Під час дослідження не виявлено транс-ізомерів жирних кислот, що можуть негативно впливати на функціонування різних систем організму.

Визначено елементний склад мінерального залишку напівфабрикатів капсульованих (табл. 5.28). Виявлено, що склад та технологія виробництва напівфабрикатів з огляду на джерело лактокальцію суттєво впливають на вміст макро- та мікроелементів.

Елементний склад мінерального залишку напівфабрикатів капсульованих

Найменування елементів мінерального залишку	Вміст елементів мінерального залишку у складі напівфабрикатів	
	на основі сироватки	молочні та кисломолочні
Макроелемент, мг%, у т.ч.	247,99±5,0	1193,35±10,0
Калій	77,22±2,0	317,76±5,0
Кальцій	53,73±2,0	259,24±5,0
Магній	4,86±0,2	27,20±1,5
Натрій	24,94±1,0	106,96±5,0
Нітрати	0	0,08±0,004
Сірка	0	55,68±2,0
Фосфор	47,45 ±2,0	196,96±5,0
Хлор	39,79 ±2,0	229,48±5,0
Мікроелементи, мкг%, у т.ч.	316,64±5,0	1275,99±10,0
Залізо	82,31±2,0	166,04±5,0
Йод	4,40±0,2	33,06±1,5
Кобальт	0,70±0,03	1,72±0,05
Марганець	1,25±0,05	11,52±0,5
Мідь	10,11±0,5	24,84±1,0
Молібден	1,23±0,05	10,01±0,5
Олово	0	7,68±0,2
Селен	0	3,84±0,1
Фтор	0	56,80±2,0
Хром	0	3,84±0,1
Цинк	216,64±5,0	956,64±10

Основними за вмістом макроелементами у напівфабрикатах на основі сироватки та молочних й кисломолочних є калій (77,22±2,0% та 317,76±5,0 % відповідно), кальцій (53,73±2,0 % та 259,24±5,0% відповідно), натрій (24,94±1,0% та 106,96±5,0 % відповідно), фосфор (47,45 ±2,0 % та 196,96±5,0 %) та хлор (39,79 ±2,0 та 229,48±5,0 %). Мікроелементи представлено залізом, міддю, цинком, марганцем та іншими.

Безпечність розроблених напівфабрикатів оцінювали шляхом визначення мікробіологічних показників (табл. 5.29), вмісту токсичних елементів та радіонуклідів.

Таблиця 5.29

Мікробіологічні показники напівфабрикатів капсульованих (t=8...10°C)

Найменування показників	Допустимі рівні	Значення показника для напівфабрикатів (на основі сироватки / молочний / кисломолочний) протягом зберігання, діб						
		Свіжовиго товлений	18	36	54	72	90	108
Загальна кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту, не менше	1×10^7	$3 \cdot 10^8 / - / 3 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8 / - / 2 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8 / - / 2 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^8 / - / 1 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^7 / - / 5 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^7 / - / 3 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7 / - / 1 \cdot 10^7$
БГКП (колі форми), в 0,1г	не допускаються	не виявлено						
Патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , 25 г	не допускаються	не виявлено						
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 г	не допускаються	не виявлено						
Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше	50	не виявлено						
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 г	не допускається	не виявлено						

Розроблені напівфабрикати відповідають вимогам [431]; бактерії групи кишкової палички в 0,01 г, плісняві гриби в 1г, патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella* та *Listeria monocytogenes* в 25 у напівфабрикатах капсульованих не виявлено, загальна кількість життєздатних молочнокислих бактерій у напівфабрикатах на основі сироватки та кисломолочному капсульованих становить $3 \cdot 10^8$. Вміст токсичних елементів у напівфабрикатах капсульованих не перевищує допустимих рівнів [430] ; вміст радіонуклідів не перевищує допустимі рівні, що встановлені в [433] й складає 80 Бк/кг та 10 Бк/кг для цезію та стронцію відповідно.

Експертна оцінка безпечності напівфабрикатів капсульованих щодо вмісту у їх складі харчових добавок дозволяє зробити висновок про відповідність розробленої продукції вимогам чинного законодавства України (табл. 5.30). Встановлено, що максимальний рівень крохмалю кукурудзяного модифікованого та каміді ксантану не нормується, їх дозволено до використання за технологічної необхідності; вміст карагінану та альгінату натрію/ кальцію є суттєво нижчим за максимальний рівень й складає 7000 мг/кг та 3000 мг/ кг відповідно.

Таблиця 5.30

Вміст харчових добавок у складі напівфабрикатів капсульованих

Найменування харчової добавки	Е індекс	Максимальний рівень, мг/кг (згідно ДСТУ - Н CODEX STAN 192)	Вміст у напівфабрикатах, мг/кг	
			на основі сироватки	молочні / кисломолочні
Крохмаль кукурудзяний модифікований	1422	в необхідній кількості	56000	39000 / –
Карагінан	407	в необхідній кількості 20000	7000	– / –
Камідь ксантану	415	в необхідній кількості	1000	1000 / –
Альгінат натрію	401	в необхідній кількості 10000	3000	3000 / 3000
Альгінат кальцію	404			

Одержані результати дослідження хімічного складу, показників якості та безпечності напівфабрикатів капсульованих підтверджують відповідність даної продукції вимогам державної системи контролю харчових продуктів, їх покладено в основу технічних умов 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» та технологічних інструкцій з їх виробництва (додатки Д.15 – Д.18). Наукову новизну запропонованих технологічних рішень підтверджено патентами України на винахід та корисну модель (Додатки Л.3–Л.9) [520–525].

Для обґрунтування умов та строків зберігання напівфабрикатів визначено закономірності зміни їх показників якості та безпечності відповідно умов, які зазначено в табл. 5.1. Експертами визначено, що органолептичні показники нової продукції протягом 108 діб зберігання за аггравованих температур залишаються сталими: капсули мають кулеподібну форму, рівномірно розподілені в заливці, внутрішній уміст капсул має первинну консистенцію, яка характеризується як однорідна, пластична, мазка (для напівфабрикату на основі сироватки) та однорідна, пластична, злегка ламка крихка, в міру щільна, без відділення сироватки (для напівфабрикатів молочного та кисломолочного капсульованих). Оболонка капсул не зазнає змін – пружна, прозора, капсула за механічного впливу лопається. Колір нової продукції експерти оцінюють як однорідний, натуральний; запах та смак оцінено як чистий, без сторонніх, натуральний, виразний, збалансований. Експертами відзначено відсутність масляного, пліснявого, прогорклого запаху та смаку. Загальна оцінка напівфабрикатів на основі сироватки, молочного капсульованого та кисломолочного капсульованого за органолептичними показниками через 108 діб зберігання складає 4,65; 4,85 та 4,89 балів відповідно.

Аналіз даних, наведених у табл. 5.23, дозволяє стверджувати, що масові частки сухих речовин, білка, жиру та мінеральних речовин напівфабрикатів капсульованих під час зберігання протягом 108 діб збільшуються на 1,8...2,3 % порівняно зі зразками свіжо виготовленими. Це, вірогідно, є наслідком

часткової дегідратації оболонки капсул та внутрішнього умісту за впливу солі кухонної. Бактерії групи кишкової палички в 0,01 г, плісняві гриби в 1г, патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella* та *Listeria monocytogenes* в 25 у напівфабрикатах не виявлено (табл. 5.29).

Досліджено закономірності зміни вологовиділяючої здатності (рис. 5.17) та зусилля руйнування капсул (рис. 5.18), що входять до складу напівфабрикатів капсульованих, протягом зберігання. Зрозуміло, що зміна вищезначених показників є результатом перебігу багатьох процесів: фізичних, фізико-хімічних, хімічних, колоїдних, визначити роль кожного з них достатньо складно внаслідок багатокомпонентності рецептурного складу. Технологічний процес виробництва напівфабрикатів, який передбачає реалізацію проміжних технологічних операцій (відділення водної фази з капсул, пастеризація та інші) в цілому забезпечує сталість властивостей напівфабрикатів.

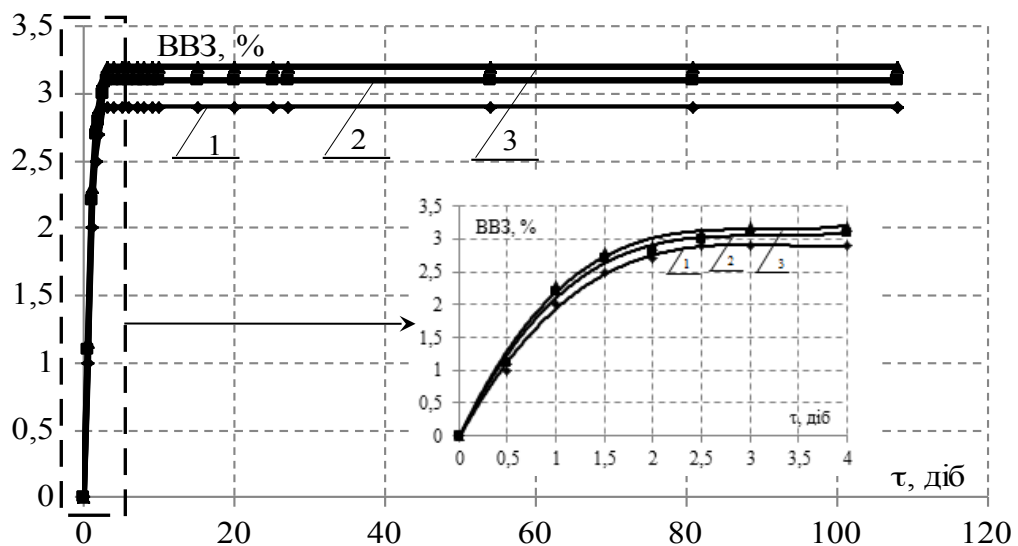


Рис. 5.17. Вологовиділяюча здатність капсул, що входять до складу напівфабрикатів капсульованих, залежно від тривалості зберігання, діб: 1 – на основі сироватки; 2 – молочних капсульованих; 3 – кисломолочних капсульованих

Разом з тим встановлено, що ВВЗ капсул протягом перших чотирьох діб зберігання дещо збільшується (до $3,0 \pm 0,1$ %), наслідком чого є збільшення

масової частки основних харчових речовин (табл. 5.23) за зниження зусилля руйнування капсул (рис. 5.18).

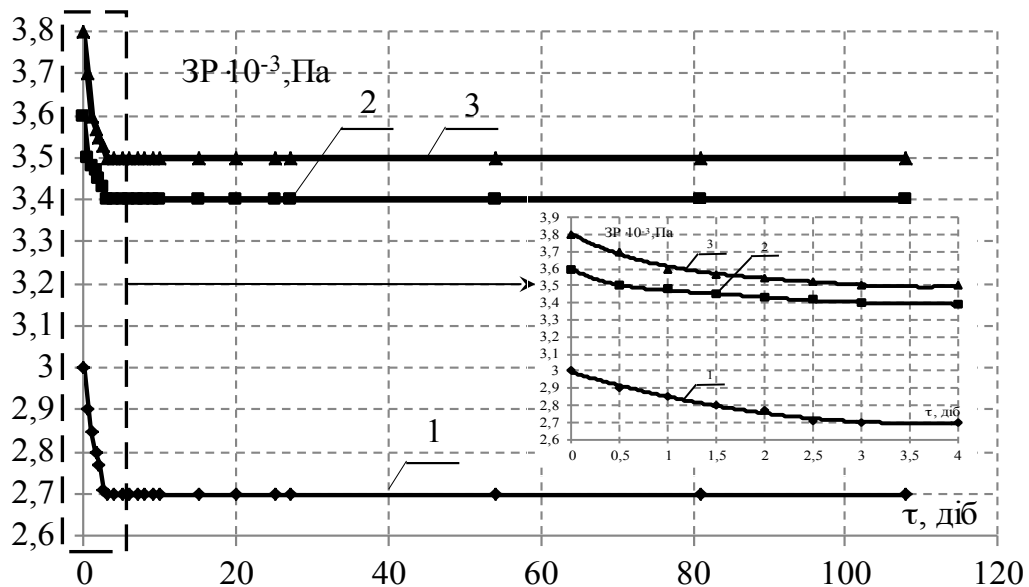


Рис. 5.18. Зусилля руйнування капсул, що входять до складу напівфабрикатів капсульованих, залежно від тривалості зберігання, діб: 1 – на основі сироватки; 2 – молочних капсульованих; 3 – кисломолочних капсульованих

Разом з тим у всіх випадках масова частка капсул у складі напівфабрикатів не була меншою за $52,9 \pm 1,0\%$ й складала $50,9 \pm 1,0\%$, та $51,0 \pm 1,0\%$ відповідно. Органолептичні та фізико-хімічні показники заливок у складі напівфабрикатів капсульованих протягом зберігання є сталими. Таким чином, на підставі дослідження органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників обґрунтовано умови та строк зберігання напівфабрикатів капсульованих – 90 діб за температури $0 \dots 6^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря не більше 75 %.

Розробка рекомендацій з використання напівфабрикатів капсульованих у складі кулінарної та кондитерської продукції базується на дослідженнях, що відображено в роботі [502], в якій ґрунтовно досліджено вплив технологічних чинників (солі кухонної, цукру білого, термообробки) на фізико-хімічні та

структурно-механічні показники гелів альгінату кальцію (як складової оболонки), результатів власних досліджень (підрозділ 4.1, 4.5). Під час технологічних випробувань відпрацьовано рецептурний склад та технологічний процес виробництва понад 20 найменувань кулінарної та кондитерської продукції (рис. 5.19). Асортимент кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів капсульованих, умови, строк зберігання та реалізації відображено у технологічній інструкції з виробництва кулінарної та кондитерської продукції з використанням напівфабрикатів капсульованих та гранульованих до 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» (додаток Д.19).



Рис. 5.19. Принципова технологічна схема виробництва кулінарної та кондитерської продукції з використанням напівфабрикатів капсульованих

Узагальнюючи результати досліджень, які наведено у підрозділах 5.1... 5.3, слід зазначити що використання одержаних напівфабрикатів в закладах ресторанного господарства дозволяє розширити асортимент, запропонувати продукцію з новими споживними властивостями, сталими показниками якості, підвищити ефективність функціонування закладів ресторанного господарства, що є актуальним.

5.4 Дослідження основних показників якості напівфабрикатів гранульованих, розробка рекомендацій з їх використання у складі кулінарної та кондитерської продукції

Теоретично (підрозділ 3.2) та експериментально (підрозділи 4.2, 4.3) підтверджено доцільність реалізації потенціалу лактокальцію (грунтуючись на принципах міжфазної взаємодії) шляхом використання альгінату натрію, який є акцептором певних потенціалів системи. За використання його як природного обмінника з TRC_m видаляється іонний лактокальцій, який приймає участь у гелеутворенні з формуванням сфероподібних продуктів у вигляді гранул. З одного боку, гранули, що утворилися, є продуктом-супутником технологічного процесу декальцифікації TRC_m як вихідної сировини для виробництва напівфабрикатів десертної продукції, з сиру кисломолочного. З іншого, – реалізуючи в межах науково-практичного напрямку принципи ресурсозбереження, та розуміючи, що гранули є харчовим продуктом з притаманним йому хімічним складом, функціонально-технологічними та функціонально-фізіологічними властивостями, доцільним є визначити основні показники якості та безпечності та розробити рекомендації з їх використання.

Як відзначено в підрозділах 4.2, 4.3, процес декальцифікації TRC_m знежиреного йде в 1...n стадій, що визначається певною динамікою переходу міцелярного лактокальцію в іонний. Корегування процесу переходу міцелярного лактокальцію в іонний шляхом зміни рН систем призводить до того, що на першому та кожному наступному етапі декальцифікації масова

частка іонного лактокальцію буде різнитися (коливається в межах 4,0...20,0 мг %), й, вірогідно, буде впливати на органолептичні, фізико-хімічні показники та хімічний склад.

Експертною оцінкою органолептичних показників (табл. 5.31) встановлено, що продукт гранульований (незалежно від етапу декальцифікації ТРС_м) являє собою гранули кулеподібної форми, однорідні за розмірами, пружні, без пошкоджень. Колір нової продукції експерти оцінюють як однорідний, відзначають прозорість, відсутність білих, сірих відтінків та строкатості. Запах та смак оцінено як чистий, без сторонніх, невиражених. Загальна оцінка продуктів гранульованих за органолептичними показниками складе 4,65 балів (табл. 5.31).

Таблиця 5.31

Органолептичні показники продуктів гранульованих на основі альгілату натрію та лактокальцію

Найменування показника	Характеристика продуктів гранульованих, одержаних в межах n-етапу декальцифікації		
	n=1	n=2	n=3
Зовнішній вигляд та консистенція	Продукт кулеподібної форми у вигляді гранул, злегка з'єднаних між собою рідиною, що відділилася. Розмір окремих гранул – $(3,0...3,5) \cdot 10^{-3}$ м. Консистенція пружна, однорідна за всім об'ємом, гранули легко відділяються одна від одної. Допускається вологість на поверхні, незначне відділення вологи		
Колір	Однорідний, прозорий, білі, сірі відтінки та строкатість відсутні		
Смак і запах	Чистий, без стороннього присмаку та запаху, нейтральний, невиражений		

Досліджено хімічний склад продуктів гранульованих на основі альгілату натрію та лактокальцію на різних етапах (n=1, 2, 3) декальцифікації ТРС_м знежиреного (табл. 5.32).

Таблиця 5.32

Хімічний склад та фізико-хімічні показники продуктів гранульованих на основі альгінату натрію та лактокальцію

Найменування показника	Характеристика продуктів гранульованих, одержаних в межах n-етапу декальцифікації		
	n=1	n=2	n=3
1	2	3	4
Масова частка сухих речовин, %	2,02±0,05	2,04±0,05	1,99±0,05
Масова частка білка, %	0,10±0,01	0,12±0,01	0,09±0,01
Масова частка вуглеводів, %, в т.ч.			
лактози	1,52±0,05	1,51±0,05	1,52±0,05
Масова частка мінеральних речовин, %	0,40±0,01	0,41±0,01	0,40±0,01
в т.ч., мг/100г:			
калій	30,0±1,0	30,0±1,0	21,0±1,0
натрій	40,0±1,0	35,0±1,0	30,0±1,0
кальцій	210,0±10,0	210,0±10,0	205,0±10,0
магній	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
хлор	80,0±1,0	80,0±1,0	80,0±1,0
сірка	7,0±0,1	6,00±0,25	7,0±0,1
фосфор	20,0±1,0	25,0±1,0	20,0±1,0
азот	7,0±0,1	7,0±0,1	8,0±0,1
йод	3,0±0,1	3,0±0,1	2,5±0,1
інші (залізо, фтор, мідь, хром, марганець)	4,0±0,2	4,0±0,2	2,0±0,2
Вологовиділяюча здатність, %	3,1±0,1	3,0±0,1	3,0±0,1
Модуль пружності, · 10 ³ Па	6,78±0,1	6,75±0,1	6,77±0,1
Коефіцієнт форми	1,0	1,0	0,99

Зрозуміло, що на хімічний склад продуктів гранульованих впливатиме багато чинників: хімічний склад самого альгінату натрію та ТРС_м, параметри декальцифікації, які супроводжуються масопереносом, – тривалість, температура, співвідношення складових та інші. Встановлено, що в межах n=1...3 етапів декальцифікації ТРС_м продукти гранульовані характеризуються близьким хімічним складом. Так, масова частка сухих речовин у продукті коливається в межах 1,99...2,04 %, білка – 0,09...0,12 %, вуглеводів – 1,51...

1,52 %, мінеральних речовин – 0,38...0,41 %. Дослідження фізико-хімічних показників продуктів гранульованих показує, що коефіцієнт їх форми наближається до 1,0 (коливається в межах 0,99...1,0), модуль пружності складає $(6,75...6,78) \cdot 10^3$ Па; гель, який складає основу продуктів гранульованих, здатний до синерезису – вологовиділяюча здатність в межах 3,0...3,1 %.

Слід відзначити достатньо високий вміст у складі гранул лактокальцію ($210,0 \pm 10,0$ мг%), який міститься у складі органічної солі – альгінату кальцію. Це дозволяє прогнозувати високий рівень його біодоступності, так як при дисоціації під дією пепсину та соляної кислоти вивільняється лактокальцій в іонній формі, який всмоктується в тонкому кишечнику. Як ентеросорбент альгінат кальцію є найбільш ефективним з усіх солей альгінатів, він виводить радіонукліди не тільки з шлунково-кишкового тракту та крові, а й з кісткової тканини.

Зрозуміло, що для одержання альгінату кальцію як харчової чи дієтичної добавки необхідно виконати комплекс технологічних заходів, спрямованих на підвищення вмісту основної речовини, наприклад, сушінням. Але в даному дисертаційному дослідженні ці результати не обговорюються.

Для обґрунтування рекомендацій з використання продуктів гранульованих у складі кулінарної та кондитерської продукції досліджено їх поведінку у розчинах сахарози (15%, 60 %) та органічних (лимонна) кислот ($4,5 < \text{pH} < 6,0$). За цих умов між гранулами та рідиною, вірогідно, буде мати місце масообмін, який впливатиме на властивості останніх. Результати дослідження впливу технологічних чинників на модуль пружності та зміну маси гранул наведено на рис. 5.20.

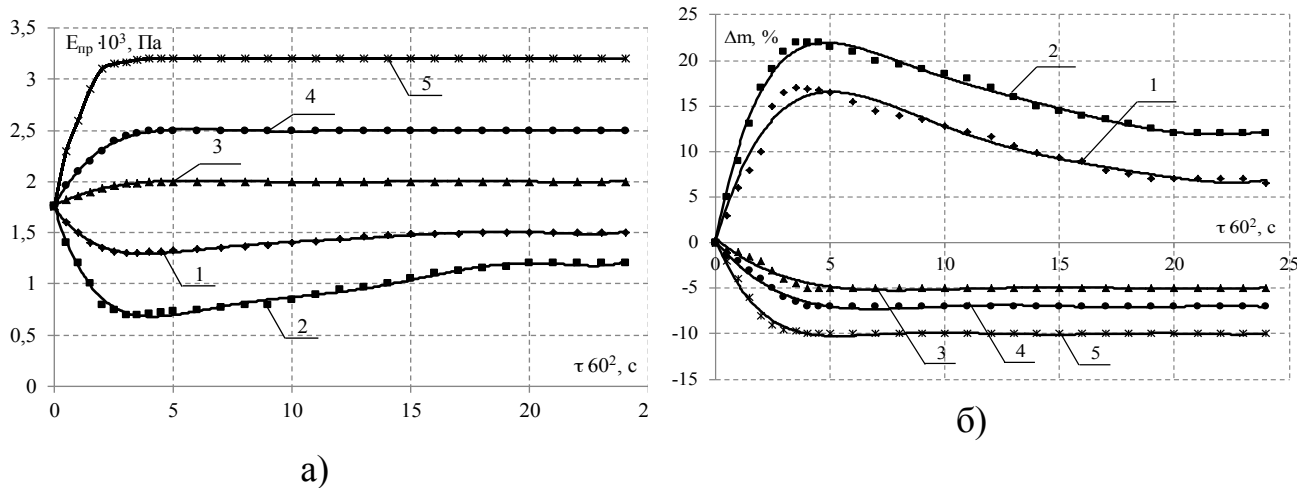


Рис. 5.20. Модуль пружності (а) та зміна маси (б) продуктів гранульованих залежно від впливу цукру білого, % (1 – 15, 2– 60) та рН середовища (3 – 6,0; 4 – 5,0; 5 – 4,0)

Встановлено, що під час занурення гранул у розчини цукру молекули сахарози дифундують всередину гранул, розгалужуючи полімерні ланцюги. Підтвердженням цього є результати дослідження модуля пружності гранул та зміни їх маси. З даних рис. 5.20 (а) видно, що в перші $5 \cdot 60^2$ с спостерігається зменшення модулі пружності гранул незалежно від концентрації сахарози у розчині; ефект зростає зі збільшенням її концентрації та тривалої експозиції. По завершенні дифузійних процесів модуль пружності гранул починає підвищуватися та майже повертається до початкових значень. Підвищення модуля пружності пов'язано з тим, що у разі накопичення у матриці гелю молекул сахарози, які мають просторову будову, втрачаються водневі зв'язки. При цьому полімерні ланцюги відокремлюються один від одного на відстань дії міжмолекулярних сил тяжіння, які швидко руйнуються за наявності навіть невеликого тиску.

Експериментально визначено закономірності зміни маси гранул: характер кривих доводить існування дифузійних переходів речовин із зовнішнього середовища до гранули та навпаки. Система на початку експозиції прагне досягти концентраційної рівноваги між зовнішнім середовищем та гранулою за рахунок втрати останньою молекулярнозв'язаної вологи для розбавлення

концентрованих розчинів, але спричиняє дифузію гідратованих молекул сахарози (рис. 5.20 (б)) і цей перехід є більш переважаючим, ніж концентраційна рівновага.

Іншу закономірність зміни маси встановлено при витримці гранул у розчинах лимонної кислоти в інтервалі рН 4,0...6,0. Встановлено, що незалежно від значення рН має місце підвищення модуля пружності гранул і як наслідок зменшення їх маси (рис. 5.20). Одержані результати пояснюються властивостями альгінату кальцію ущільнюватися у кислому середовищі з частковим відділенням вологи.

Досліджено вплив термообробки ($t=85...87$ °С) на зміни пружності та маси продукту гранульованого. Встановлено, що за загальних закономірностей має місце несуттєве збільшення модуля пружності (на 0,7...0,9%) та зменшення маси (1,0...1,2%) до початкового значення показників.

З урахуванням результатів дослідження рекомендовано використовувати продукти гранульовані як наповнювачі, декор та інші за визначеної технологічної обробки в технології кулінарної та кондитерської продукції. Технологічна схема виробництва соусів (начинок) з використанням продуктів гранульованих наведено на рис. 5.21.

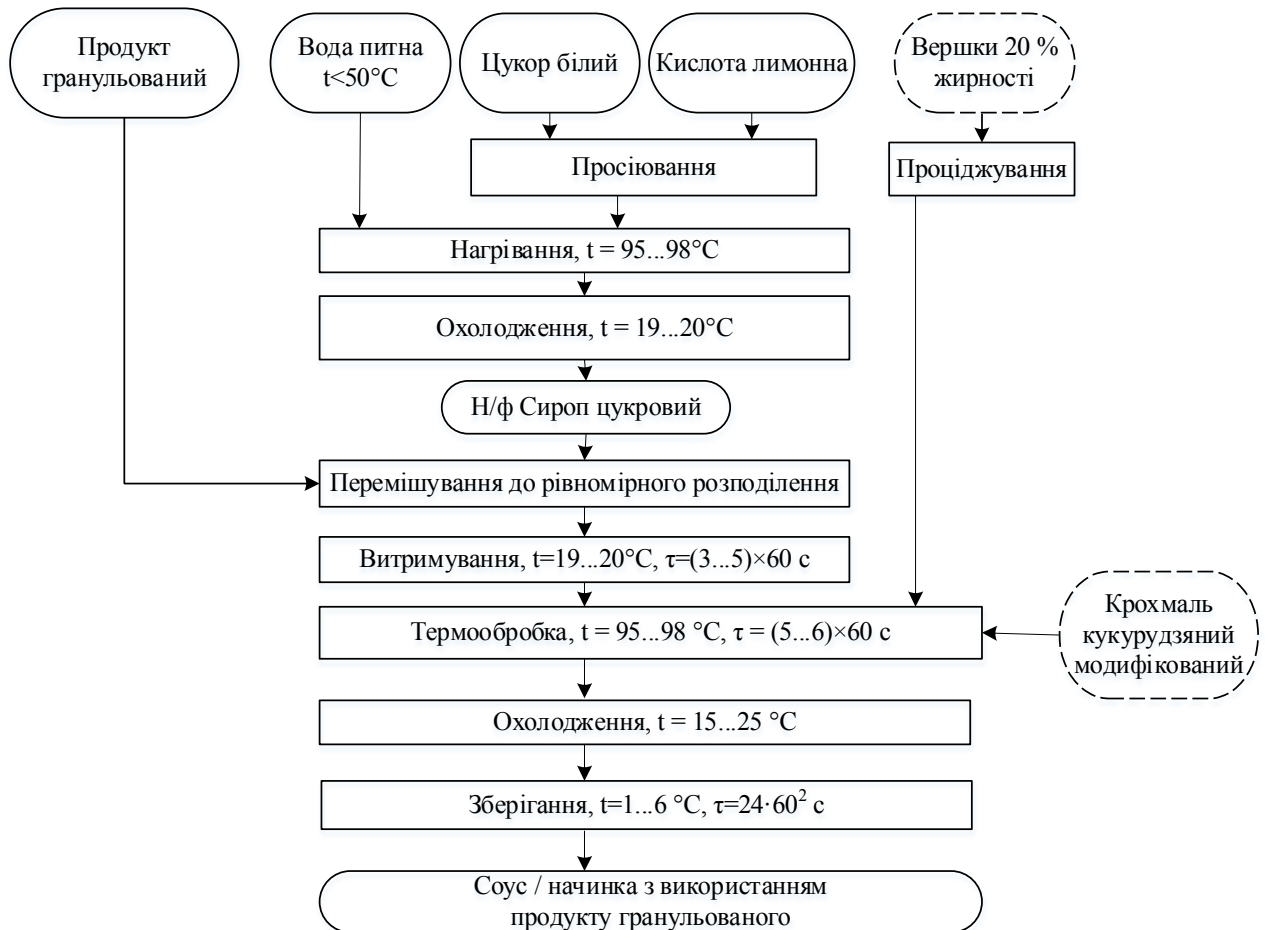


Рис. 5.21. Технологічна схема виробництва соусів (начинок) з використанням продукту гранульованого

Асортимент кулінарної продукції з використанням продуктів гранульованих, їх рецептурний склад та технологічний процес виробництва наведено в технологічній інструкції (Додаток Д.19). Наукову новизну запропонованих технологічних рішень підтверджено патентами на винахід (Додатки Л.1, Л.2) [526, 527].

Висновки за розділом 5

1. Розроблено шкали сенсорної оцінки та досліджено органолептичні показники напівфабрикатів, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію, – десертної продукції, на основі сиру кисломолочного, капсульованих. Встановлено, що за показниками зовнішнього вигляду та консистенції, кольору запаху та смаку вони відповідають встановленим

вимогам, загальна оцінка напівфабрикатів за органолептичними показниками коливається в межах 4,85...4,97 балів.

2. Досліджено хімічний склад та фізико-хімічні показники напівфабрикатів. Залежно від джерела лактокальцію, що є визначальним у реалізації технологічного процесу виробництва напівфабрикатів, їх рецептурного складу та технології виробництва, напівфабрикати є джерелом білків (3,5...14,4%), жирів (2,5...15,1%), загальних вуглеводів (1,94...24,8%), які представлено цукрозою (17,8...19,8%), лактозою (1,94...9,20%), мінеральних речовин (0,26...1,14 %). Визначення амінокислотного складу білків, жирнокислотного складу ліпідів, мінерального складу напівфабрикатів дозволяють стверджувати, що напівфабрикати характеризуються високою поживною цінністю.

3. Відповідно до вимог діючих законодавчих та нормативних документів досліджено показники безпеки нової продукції. Встановлено, що за мікробіологічними (БГКП, МАФAM, плісняві гриби, патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*), токсикологічними показниками (вміст токсичних елементів та радіонуклідів) та вмістом харчових добавок напівфабрикати відповідають вимогам державної системи контролю харчових продуктів.

4. Досліджено закономірності зміни показників якості та безпеки напівфабрикатів протягом зберігання за гарантійних та аггравованих температур й коефіцієнту резерву. Встановлено умови та терміни зберігання напівфабрикатів, які становлять за температури 0...6 °C та відносної вологості повітря не більше 75%: для напівфабрикатів десертної продукції – не більше 14 діб, на основі сиру кисломолочного – 15 діб; капсульованих – 90 діб.

5. Науково обґрунтовано рекомендації з використання розроблених напівфабрикатів в технології кулінарної та кондитерської продукції. Доведено, що використання одержаних напівфабрикатів в закладах ресторанного господарства дозволяє розширити асортимент, запропонувати продукцію з

новими споживними властивостями, сталими показниками якості, підвищити ефективність функціонування закладів ресторанного господарства.

6. Досліджено показники якості, хімічний склад та фізико-хімічні показники продуктів гранульованих на основі альгінату натрію та лактокальцію. Доведено доцільність їх використання як дієтичної добавки в технології кулінарної та кондитерської продукції закладів ресторанного господарства.

7. Розроблено, узгоджено, затверджено нормативні та технологічні документи, які регламентують рецептурний склад, технологічний процес виробництва, показники якості та безпечності нової продукції – ТІ та 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, ТІ та ТУ У 10.5-01566330-324:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного», ТІ та ТУ У 10.5-01566330-330:2018 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного «СИРНА ЛІНІЯ», ТІ та ТУ У 10.5-38128375-007:2018 «Продукти молочні та кисломолочні капсульовані», ТІ та ТУ У 10.5-38128375-008:2018 «Продукти на основі сироватки молочної капсульовані», ТУ У 10.8-2992117198-002:2016 «Добавки дієтичні серії «Біонормалін»», а також технологічні інструкції з виробництва кулінарної та кондитерської продукції з використанням напівфабрикатів.

РОЗДІЛ 6

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У даному розділі, базуючись на концепції теорії «стейкхолдерів», обґрунтовано методичний інструментарій оцінки ефективності впровадження розроблених технологій, з використанням сукупності характеристик, які відображають науковий, науково-технічний, соціально-економічний та екологічний ефекти розробок; доведено економічну доцільність провадження розробок у практичну діяльність підприємств харчової промисловості та ресторанного господарства

6.1 Визначення ефективності впровадження розроблених технологій

У межах нового науково-практичного напрямку науково обґрунтовано та розроблено інноваційні технології напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержані шляхом реалізації потенціалу лактокальцію. Їх впровадження дозволить наповнити продовольчий ринок України продукцією з високою харчовою цінністю за доступною ціною, новими споживними властивостями за використання вітчизняної сировини та ресурсозберігаючих технологій. Результати проведених досліджень характеризуються різними видами ефектів й за своєю суттю є інноваційною діяльністю, яка ідентифікується відповідно до [528] як створення, впровадження та комерціалізація наукових розробок, які за умов принципової новизни результату та випередження конкурентів у часі забезпечує інноватору надприбуток та надає монопольне положення на певний період часу.

Ураховуючи комплексність результатів дослідження, для оцінювання їх ефективності впровадження в господарську діяльність підприємств харчової промисловості, закладів ресторанного господарства та інших сфер, розроблено методологічне забезпечення та здійснено комплексну оцінку ефективності впровадження розроблених технологій, базуючись на принципах теорії «стейкхолдерів» [429–431] як в цілому, так і за окремими видами ефектів, які

проявляються:

- науковий – у розвитку наукової думки, розробці нових теорій;
- науково-технічний – у формуванні прикладного інструментарію нової та існуючої теорії;
- соціально-економічний – в наявності соціального (підвищення якості життя завдяки споживанню харчової продукції високої якості, зменшення безробіття шляхом відкриття нових виробництв, розширення асортименту харчової продукції вітчизняного виробництва, забезпечення продовольчої безпеки держави тощо) та економічного (високий рівень рентабельності виробництва та реалізації інноваційної продукції, зростання надходжень до державного бюджету та ін.) ефектів від впровадження інноваційної продукції та технологій її виробництва;
- екологічний – в підвищенні екологічної безпечності як самої продукції, так і технології її виробництва та відповідності національним та міжнародним екологічним стандартам.

Виходячи зі значного спектру ефектів доцільно погодитися з позицією науковців, що саме комплексний підхід до визначення ефективності інноваційної діяльності, який враховує всі особливості створення та реалізації інновації, має бути покладено в основу системи оцінки інноваційної діяльності [528].

В умовах сучасного конкурентного середовища для виходу на ринок та успішного розвитку нова продукція має задовольняти різноманітні вимоги його суб'єктів щодо якості, безпечності, ціни тощо. Тому оцінку ефективності впровадження нової продукції проводили на основі теорії стейкхолдерів (stakeholder theory) [528], яка ґрунтується на розгляді ефективності з позицій найбільш зацікавлених в результатах сторін – стейкхолдерів. З урахуванням специфіки наукових досліджень в харчопереробній галузі, її особливостей та видів ефектів від впровадження у виробництво й реалізації, визначено основних стейкхолдерів, а саме: розробник продукції (який може водночас виступати у ролі виробника), держава, споживачі, інвестори. Характеристику видів можливих ефектів від реалізації результатів дослідження у площині інтересів та вимог визначених стейкхолдерів надано в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Види ефектів наукового дослідження у площині інтересів та вимог основних стейкхолдерів

Види ефектів / прояв	Інтереси та вимоги основних стейкхолдерів			
	Розробник / Виробник	Держава	Споживачі	Інвестори
Науковий / наукова новизна розробки	- наявність наукових розробок світового рівня	- розвиток фундаментальної науки (теорії); - інноваційний розвиток національної економіки	- виникнення передумов для забезпечення потреб	- стимулювання інноваційної діяльності
Науково-технічний / науково-технічний рівень виробництва напівфабрикатів	- наявність прикладних розробок світового рівня	- розвиток прикладної науки, ресурсозберігаючих технологій; - інноваційний розвиток та підвищення конкурентоспроможності національної економіки	- поява нової продукції та товарів для задоволення нових потреб	- диверсифікація інвестиційного портфелю
Соціально-економічний / якість життя, комерційність розробки	- високий рівень рентабельності; - оптимальне співвідношення між рівнем прибутку і ризиком; - довготривала стійка конкурента позиція; - створення нового ринку «блакитного океану» (монополіст); - високий рівень якості праці, соціальні програми та пакети тощо	- високий рівень якості життя населення, соціальний захист і зайнятість населення; - розширення соціальних програм; - підтримка внутрішнього виробника; - продовольча безпечність; - економічне зростання і стабільний розвиток національної економіки на основі інтенсифікації виробництва (зростання державного та регіональних бюджетів, якісна зміна структури ВНД)	- різноманітність і відновлення асортименту; - якість і безпечність продукції; - прийнятні ціни; - задоволення нових вимог та потреб	- висока рентабельність інвестицій; - оптимальне співвідношення рентабельності та рівню ризику інвестицій
Екологічний / екологічні вимоги	- відповідність національним і міжнародним екологічним вимогам	- національна екологічна безпечність; - відповідність міжнародним екологічним вимогам	- нова продукція та технологія її виробництва відповідає екологічним нормам	- відповідність національним і міжнародним екологічним вимогам

Оцінку ефективності впровадження інновацій проводили з метою надання відповідної інформації (результати та висновки) визначеному колу осіб, які використовують її під час прийняття рішень різного характеру. Тому процес оцінки ефективності розглядався з позиції всіх виокремлених стейкхолдерів з урахуванням виділених видів ефектів, що й дозволило виявити основні елементи комплексної системи оцінки ефективності наукового дослідження відносно мети її оцінювання (рис. 6.1).

З даних рис. 6.1 видно, що суб'єктом та об'єктом оцінки є стейкхолдери та відповідні визначеним ефектам об'єкти оцінювання ефективності; критерії оцінки встановлено як межі здійснення оцінки, в яких формується набір показників. Ґрунтуючись на базових вимогах до критеріїв оцінки ефективності (вимірність, однозначність трактування, інформативність, комплексність – забезпечення виміру усіх ефектів) та особливостей об'єкту наукової діяльності (технологія напівфабрикатів на основі молочної сировини), запропоновано такі критерії оцінки ефективності впровадження розроблених технологій та відповідні показники в площині визначених стейкхолдерів:

- «інноваційність» – забезпечує оцінку ефективності нових технологій з позиції ступеня її новизни та визначає науковий та науково-технічний ефекти щодо кожного стейкхолдера на основі показників рівня теоретичної та прикладної новизни;

- «комерційність» – дозволяє визначити можливість/рівень комерціалізації розробки з позиції «рівень рентабельності – рівень ризику» її виробництва та реалізації (соціально-економічний, екологічний ефекти), використовуючи показники рентабельності, рівню ризику, соціальної значимості, екологічної відповідності щодо вимог основних зацікавлених сторін;

- «конкурентоспроможність» – дає можливість встановити ринкові перспективи в умовах конкурентного середовища на основі наявності сукупності ефектів (науково-технічного, соціально-економічного, екологічного).

Для однозначності оцінки ефективності впровадження розроблених технологій за усіма виділеними ефектами у розрізі основних стейкхолдерів розроблено комплексну багатокритеріальну систему оцінки (рис. 6.2).

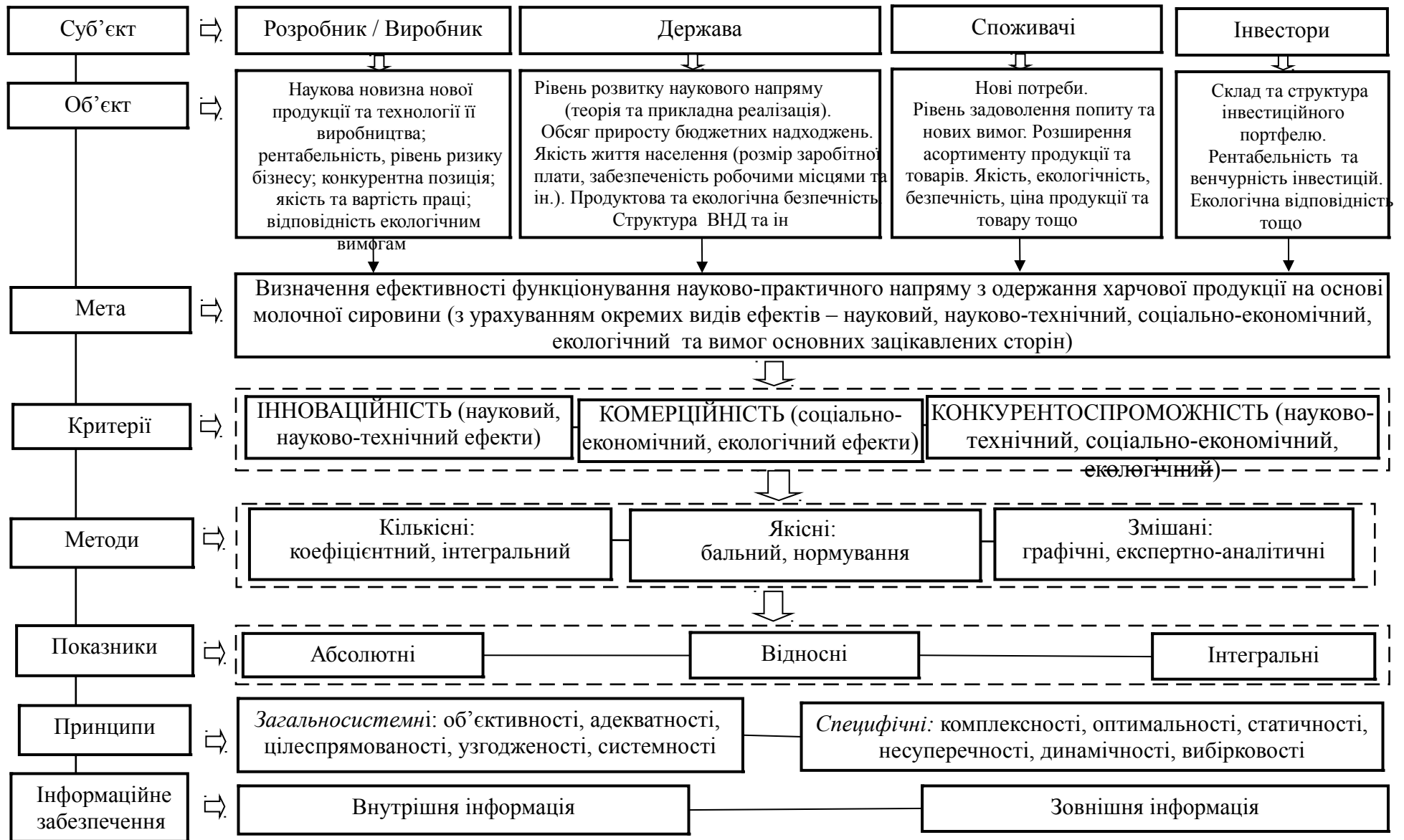


Рис. 6.1. Елементи комплексної системи оцінки ефективності наукового дослідження на основі теорії стейкхолдерів

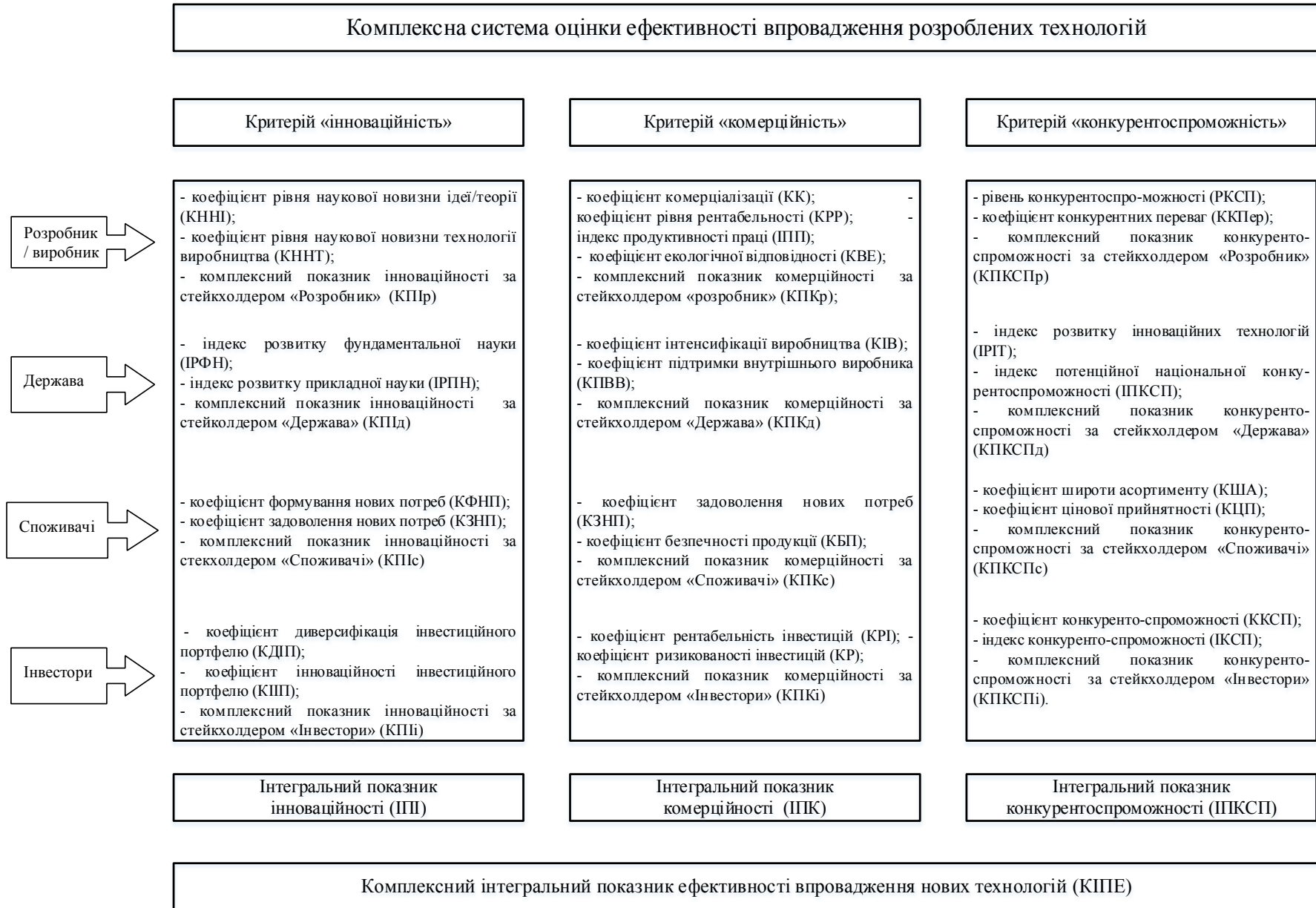


Рис. 6.2. Комплексна система оцінки ефективності впровадження розроблених технологій

Одними з базових індикаторів для визначення показників за критеріями «комерційність» та «конкурентоспроможність» є додатковий прибуток від виробництва та реалізації нової продукції як в абсолютному вигляді, так і в відносному (рентабельність), зміна продуктивності праці від провадження інноваційної технології, ціна реалізації нової продукції, наявність та розвиток конкретних переваг тощо.

Розрахунок ціни реалізації нової продукції здійснено за структурно-логічною схемою, яку наведено на рис. 6.3.

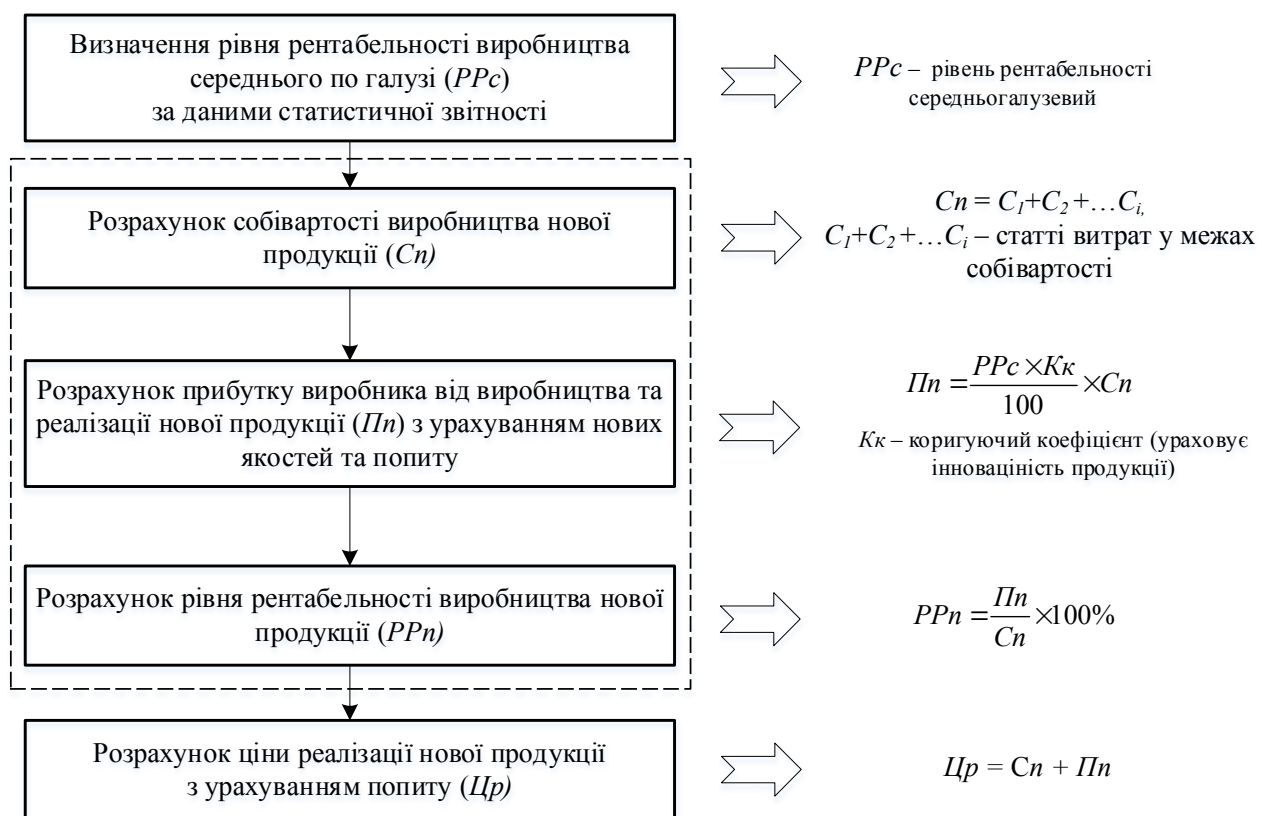


Рис. 6.3. Структурно-логічна схема розрахунку ціни реалізації нової продукції

Оцінку переваг нової продукції здійснювали експертним методом. Кількість експертів (m) розраховано за формулою (6.1):

$$m = \frac{t_\alpha^2}{\varepsilon^2}, \quad (6.1)$$

де t_α^2 – кількість середніх квадратичних відхилень, необхідна для того, щоб

вірогідність попадання в отриману ділянку дорівнювала α ;

ε – гранично допустима відносна помилка, яка задається до початку опитування.

У разі, якщо довірча вірогідність (α) становитиме 95%, гранична відносна погрішність – 0,5, тоді $t_\alpha = 1,96$ (табличне значення) і необхідна кількість експертів складає $m = 15,32 \approx 15$. Отже, для оцінки значущості окремих факторів, які дозволяють оцінити переваги нової продукції порівняно з аналогами, з надійністю 95% і відносною помилкою, яка дорівнює 0,5, достатньо опитати 15 експертів. Враховуючи особливості технології нової продукції, та з огляду на те, що найбільш надійні результати дає процедура експертної оцінки вагомості при числі факторів $n < 10$, для оцінки переваги нової продукції з позиції попиту використано фактори, які наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Найменування та характеристика факторів, які дозволяють оцінити переваги розробленої продукції з позиції попиту споживачів

Код фактору	Найменування фактору	Характеристика фактору
Φ_1	Органолептичні властивості	Зовнішній вигляд, консистенція, запах, смак; зручність споживчого пакування
Φ_2	Функціонально-технологічні властивості	Багатофункціональність, високий ступінь готовності, скорочення технологічного циклу виробництва, сталі показники якості та безпеки харчової продукції на основі напівфабрикатів
Φ_3	Функціонально-фізіологічні властивості	Варіабельна (залежно від асортименту) харчова цінність, джерело повноцінного білка, поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин; високий ступінь засвоювання білкових речовин
Φ_4	Терміни зберігання	14–60 днів залежно від асортименту, що дозволяє реалізувати різні логістичні ланцюги розповсюдження напівфабрикатів

Подальша процедура оцінки факторного впливу складається з наступних

послідовних етапів:

– присвоєння експертами рангів (балів) кожному фактору – максимальний ранг надається найбільш важливому (вагомому) фактору;

– у випадку, якщо експерт присвоює різним факторам однаковий ранг, і в результаті число рангів R виявляється не рівним числу факторів n , що ранжируються, тоді факторам присвоюється стандартизований ранг, значення якого розраховується як середнє суми місць, поділених між факторами з однаковими рангами;

– кількісна оцінка вагомості окремих факторів проводиться на основі експертних оцінок за формулою (6.2):

$$\beta_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij}}, \quad (6.2)$$

де: β_i — значимість i -го фактору;

x_{ij} – кількість балів, призначена j -м експертом i -му фактору.

Для характеристики вагомості окремих факторів, які дозволяють оцінити переваги нової продукції з позиції попиту, залучено провідних фахівців галузі. Одержані результати опитування дозволили сформувати емпіричну базу дослідження. Ранжирування факторів проводилося за наступною N -бальною шкалою: кожному фактору присвоювався ранг від 1 до N (максимальний бал відповідає найбільш вагомому фактору), визначення факторів проводилося за бальною системою (максимум N балів) з урахуванням рівних вагових коефіцієнтів. Розрахунки наведено у додатку Б.2.

На підставі вихідної інформації розраховано комплексний показник якості за формулою (6.3), який покладено в основу визначення коригуючого коефіцієнту (формула 6.4).

$$Y_0 = E_0 \cdot m_0 + E_{\phi m} \cdot m_{\phi m} + E_{\phi \phi} \cdot m_{\phi \phi} + E_m \cdot m_m, \quad (6.3)$$

де: Y_0 – комплексний коефіцієнт якості виробу;

E_0 – комплексний показник органолептичних властивостей;

$E_{фm}$ – комплексний показник функціонально-технологічних властивостей;

$E_{фф}$ – комплексний показник функціонально-фізіологічних властивостей;

E_m – комплексний показник терміну зберігання;

$m_0, m_{фm}, m_{фф}, m_m$ – відповідні вагові коефіцієнти, які у сумі дорівнюють одиниці. За умови, що $m_0 = m_{фm} = m_{фф} = m_m$, їх значення становить 0,25 (1/4).

$$K_k = \frac{(100 + Y_6 \times 10)}{100}, \quad (6.4)$$

де: K_k – коригуючий коефіцієнт рентабельності з урахуванням інноваційності продукції.

Результати розрахунків представлено у таблиці 6.3 та додатку Б.2.

Таблиця 6.3

Комплексний коефіцієнт якості та коригуючий коефіцієнт рентабельності нової продукції

Найменування фактору	Значення коефіцієнтів для напівфабрикатів			
	десертної продукції	з сиру кисломолочного	капсульованих	
			на основі сироватки	молочний
Органолептичні властивості	1,25	1,25	1,25	1,25
Функціонально-технологічні властивості	1,25	1,25	2,5	2,5
Функціонально-фізіологічні властивості	1,25	1,25	2,5	2,5
Терміни зберігання	1,225	1,225	1,875	1,875
Комплексний коефіцієнт якості (Y_6)	4,975	4,975	8,125	8,125
Коригуючий коефіцієнт рентабельності (K_k)	1,4975	1,4975	1,8125	1,8125

На основі методу прямого розрахунку визначено собівартість, прибуток

від виробництва та реалізації нової продукції та її ціну (додаток Б.3). Одержані результати представлено у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Розрахунок відпускної ціни нової продукції

Найменування статей витрат	Витрати (грн.) для напівфабрикатів			
	десертно ї продукції ї	з сиру кисломолоч ного	капсульованих	
			на основі сироватки	молочний
Сировина і матеріали з урахуванням транспортно-заготівельних витрат	19811,6	26239,5	8970	15470,5
Зворотні витрати	190,496	252,3	86,3	148,8
Паливо і енергія на технологічні цілі	156,4	156,4	156,4	156,4
Основна заробітна плата	1178	1178	1178	1178
Додаткова заробітна плата	117,8	117,8	117,8	117,8
Відрахування на соціальне страхування	476,9	476,9	476,9	476,9
Витрати на підготовку і освоєння нової продукції	47,6	63,1	21,6	37,2
Відшкодування зносу та інші спеціальні витрати	180,0	180,0	180,0	180,0
Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	480,0	480,0	480,0	480,0
Загальновиробничі витрати	1531,4	1531,4	1531,4	1531,4
Загальногосподарські витрати	1767,0	1767,0	1767,0	1767,0
Витрати внаслідок технічно неминучого браку	19,0496	25,2303	8,625	14,8755
Супутня продукція	1,5	1,5	-	-
Інші виробничі витрати	95,0	95,0	95,0	95,0
Виробнича собівартість	26051,2	32562,56	15068,9	21653,8
Позавиробничі (комерційні) витрати	519,5	649,8	301,4	433,1
Повна собівартість	26572,2	33213,8	15370,3	22086,8
Прибуток підприємства	7958,4	9947,5	5571,72	8006,48
ПДВ	6906,1	8632,3	4188,4	6018,7
Відпускна ціна	41436,8	51793,6	25130,4	36112,0
Відпускна ціна 1 кг продукції	41,4	51,8	25,1	36,1

Проведені розрахунки показали, 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 капсульованих (на основі сироватки та молочних відповідно) на кожні 1000 кг реалізованої продукції. Рентабельність виробництва вища за середньогалузеву на 49,79% для напівфабрикатів десертної продукції та з сиру кисломолочного; на 81,25% для напівфабрикатів капсульованих.

Оцінку наявності конкурентних переваг та рівня конкурентоспроможності продукції у межах комплексної оцінки ефективності за критерієм «конкурентоспроможність» здійснено на основі експертного методу, ґрунтуючись на даних табл. 6.3. Рівень конкурентоспроможності продукції залежить від реалізації сформованої сукупності її конкурентних переваг на конкретному сегменті споживчого ринку на момент оцінки. Алгоритм оцінки передбачає визначення:

– критеріїв конкурентоспроможності (K_1, K_2, \dots, K_n) відповідно встановленим конкурентним перевагам на основі впроваджених інновацій (табл. 6.2);

– числових значень цих критеріїв методом експертних оцінок; розрахунок рівня конкурентоспроможності здійснюється інтегральним методом.

Критерії конкурентоспроможності відповідно факторам якості (табл. 6.2), на основі яких здійснено розрахунок коефіцієнту якості, наведено у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5

Критерії конкурентоспроможності нової продукції

Критерії конкурентоспроможності i	Фактор якості/ конкурентоспроможності	Сутність інновації	Конкурентна перевага
1	2	3	4

K_1	Органолептичні властивості	Нова товарна форма – у вигляді капсул чи гранул; зручність споживчого пакування	Новизна продукції – не існує аналогів на українському та світовому ринках
-------	----------------------------	---	---

Продовження табл. 6.5

1	2	3	4
K_2	Функціонально-технологічні властивості	Реалізація потенціалу лактокальцію молочної сировини в технологічних процесах виробництва принципово нової продукції	Ресурсозбереження, нові споживні властивості
K_3	Функціонально-фізіологічні властивості	Одержання продукції з високим вмістом лактокальцію у зв'язаній формі, високобілкові продукт, високий ступінь засвоювання білкових речовин	Висока харчова та біологічна цінність
K_4	Терміни зберігання	Оптимізація товарних потоків, удосконалення логістичних ланцюгів	Оптимізація логістичних ланцюгів розповсюдження продукції
K_5	Цінова відповідність	Ціна на рівні аналогів (за їх наявності) продукції, що задовольняє відповідні потреби	Цінова перевага – гнучка цінова політика

Числові значення критеріїв конкурентоспроможності одержано методом експертних оцінок (кількість експертів 10). Експертами виступали провідні фахівці харчової галузі та сегменту HoReCa Харківського регіону. Процедура оцінки складається з наступних етапів:

– присвоєння експертами балів кожному критерію, виходячи зі значущості даної інновації (максимальна кількість балів – 5, у разі відсутності у конкурентів такої інновації присвоюється 5 балів);

– розрахунок середньої кількості балів за кожним із критеріїв (додаток Б.4, табл. Б.8 – Б.11).

Розрахунок рівня конкурентоспроможності розробленої продукції здійснено за формулою:

$$PKPII = \sqrt[n]{K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n} , \quad (6.5)$$

де $PKPII$ - рівень конкурентоспроможності розробленої продукції;

$\sqrt[n]{K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n}$ – відповідні критерії конкурентоспроможності для нової продукції, що має аналоги (напівфабрикати десертної продукції та з сиру кисломолочного):

$$PKPII = \sqrt[5]{4 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4} = 4 . \quad (6.6)$$

Для нової продукції, що не має аналогів (напівфабрикати капсульовані на основі сироватки та молочні й кисломолочні):

$$PKPII = \sqrt[5]{5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5} = 5 . \quad (6.7)$$

Сукупний показник рівня конкурентоспроможності розробленої продукції становить:

$$PKPII_{\text{сук}} = \sqrt[2]{(4 \times 5)} = 4,5 . \quad (6.8)$$

Встановлено, що розроблена продукція має високий рівень конкурентоспроможності (значення показника – 4,5 при середньому на ринку на рівні 1,0) завдяки наявності сукупності конкурентних переваг продукції на основі інноваційного рішення наукової розробки з огляду на її споживні характеристики та технології виробництва. Поряд з високою харчовою цінністю розроблена продукція відповідає екологічним вимогам національних та світових стандартів, зокрема:

– екологічна безпечність базується на науково обґрунтованих рецептурному складі та технологічних параметрах виробництва нової продукції, що забезпечує відповідність показників безпечності (максимальний залишковий вміст мікроорганізмів та їх метаболітів, важкі метали та ін.) діючим законодавчим та нормативним документам України та держав ЄС. Тобто за першою екологічною складовою технології BE_{1n} (додаток Б.1) відповідають стандарту, їм присвоєно значення 3 (максимальне за трирівневою

шкалою, 3 – стандарт);

– екологічну безпечність виробництва нової продукції обумовлено впровадженням нових технологій, що сприяє зменшенню навантаження на навколишнє середовище за рахунок залучення в технологічний цикл виробництва так званої вторинної молочної сирини (сироватки). Тобто екологічна ефективність впровадження нових технологій сприяє підвищенню інтенсивності використання ресурсів (молоко знежирене, сироватка) протягом усього життєвого циклу товару. Так, за цією екологічною складовою технології BE_{2n} (додаток Б.1) відповідають стандарту, їм присвоєно значення 3.

Таким чином, розроблена продукція за усіма складовими відповідає міжнародним екологічним вимогам, про що свідчить значення коефіцієнту екологічної відповідності на рівні одиниці.

За результатами проведених розрахунків показників ефективності за критеріями «інноваційність», «комерційність» та «конкурентоспроможність» в площині усіх визначених стейкхолдерів – розробник, держава, споживач, інвестор (додаток Б.5) на основі узагальнюючих показників за окремими критеріями та стейкхолдерами (табл. 6.6) визначено комплексний інтегральний показник ефективності ($KIPE$) за формулою (6.6).

$$KIPE = \sqrt[3]{III \cdot IPK \cdot IPKSP} = 1; \quad (6.6)$$

$$KIPE = 1.$$

Таблиця 6.6

**Узагальнюючі показники ефективності впровадження
розроблених технологій**

Найменування показника	Значення	Інтерпретація
1	2	3
Критерій «Інноваційність»		
Комплексний показник інноваційності за стейкхолдером «Розробник»	$KIPp=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Розробник» за критерієм «інноваційність»
Комплексний показник інноваційності за стейкхолдером «Держава»	$KIPd=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Держава» за критерієм «інноваційність»
Комплексний показник інноваційності за стейкхолдером «Споживачі»	$KIPc=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Споживач» за критерієм «інноваційність»

Комплексний показник інноваційності за стейкхолдером «Інвестори»	$KPI_i=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Інвестори» за критерієм «інноваційність»
Інтегральний показник інноваційності за усіма стейкхолдерами	$PI=1$	Розробка є ефективною за критерієм «інноваційність» з позиції усіх основних стейкхолдерів

Продовження табл. 6.6

1	2	3
Критерій «Комерційність»		
Комплексний показник комерційності за стейкхолдером «Розробник»	$KPP_p=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Розробник» за критерієм «комерційність»
Комплексний показник комерційності за стейкхолдером «Держава»	$KPP_d=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Держава» за критерієм «комерційність»
Комплексний показник комерційності за стейкхолдером «Споживачі»	$KPK_c=1$	Розробка є ефективною з з позиції стейкхолдера «Споживачі» за критерієм «комерційність»
Комплексний показник комерційності за стейкхолдером «Інвестори»	$KPK_i=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Інвестори» за критерієм «комерційність»
Інтегральний показник комерційності за усіма стейкхолдерами	$PK=1$	Розробка є ефективною за критерієм «комерційність» з позиції усіх основних стейкхолдерів
Критерій «Конкурентоспроможність»		
Комплексний показник конкурентоспроможності за стейкхолдером «Розробник»	$KPKSP_p=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Розробник» за критерієм «конкурентоспроможність.»
Комплексний показник конкурентоспроможності за стейкхолдером «Держава»	$KPKSP_d=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Держава» за критерієм «конкурентоспроможність»
Комплексний показник конкурентоспроможності за стейкхолдером «Споживачі»	$KPKSP_c=1$	Розробка є ефективною з позиції стейкхолдера «Споживачі» за критерієм «конкурентоспроможність»
Комплексний показник конкурентоспроможності за стейкхолдером «Інвестори»	$KPKSP_i=1$	Розробки є ефективною з позиції стейкхолдера «Інвестори» за критерієм «конкурентоспроможність»
Інтегральний показник конкурентоспроможності за усіма стейкхолдерами	$PKSP=1$	Розробка є ефективною за критерієм «конкурентоспроможність» з позиції усіх основних стейкхолдерів

<i>Комплексний інтегральний показник ефективності</i>	<i>КІПЕ=1</i>	<i>Розробка є ефективною за усіма критеріями з позиції усіх основних стейкхолдерів</i>
---	---------------	--

Значення комплексного інтегрального показника ефективності, яке дорівнює одиниці, свідчить, що дослідження з наукового обґрунтування та розробки напівфабрикатів на основі молочної сировини, які одержано шляхом реалізації потенціалу лактокальцію, є ефективним з урахуванням усіх видів ефектів та основних зацікавлених сторін. Для наочності представлення результатів оцінки запропоновано трикутну піраміду ефективності, основу якої сформовано інтегральними показниками за усіма критеріями ефективності («інноваційність», «комерційність», «конкурентоспроможність»), а вершиною є комплексний інтегральний показник ефективності впровадження розроблених технологій (рис. 6.4)

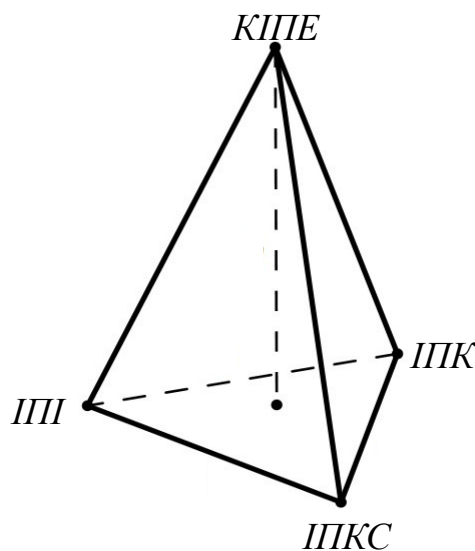


Рис. 6.4. Піраміда ефективності впровадження розроблених технологій

Побудована піраміда ефективності є правильною трикутною пірамідою, тобто її основою є правильний трикутник, а вершина проектується в центр основи. Це свідчить про високий рівень інновацій, які реалізовано в нових технологіях, запровадження яких задовольняє визначеним критеріями усіх стейкхолдерів.

6.2 Впровадження результатів дослідження у виробництво та освітній процес

Під час оцінювання практичної значущості результатів дослідження враховано кількість одержаних патентів (Додаток Л), виконаних науково-дослідних тем – держбюджетних, бюджетних, госпдоговірних (табл. 6.7) та дані щодо впровадження технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини в підприємствах галузі (табл. 6.8). За результатами дослідження одержано 9 охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності. Загальна сума фінансування у рамках науково-практичного напрямку складає:

- за держзамовленням 853,0 тис. грн. в межах двох держбюджетних тем № 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»;
- за замовленням підприємств галузі 59,6 тис. грн., в тому числі 1,0 тис. євро за замовленням ACER CAMPESTRES S. L., Іспанія.

Таблиця 6.7

Результати дослідження за новим науково-практичним напрямом

Найменування показника	Од. виміру	Значення
Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності	од.	9
Захищено дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (під керівництвом здобувача)	од.	2
Науково-дослідні роботи, усього	од.	13
на суму	тис. грн	877,6
	тис. євро	1,0
у т. ч. – держбюджетні	од.	2
на суму	тис. грн	853,0
у т. ч. – бюджетні	од.	6
– госпдоговірні	од.	5

на суму	тис. грн	24,6
	тис. євро	1,0

Узагальнені результати впровадження розроблених технологій у виробництво та освітній процес наведено табл. 6.8.

Таблиця 6.8

Узагальнені результати впровадження розроблених технологій у виробництво та освітній процес

Найменування тем, в межах яких здійснено дослідження	Нормативна та/чи технологічна документація, що регламентує виробництво продукції	Назва організації, в якій здійснено впровадження	Кількість продукції, що реалізовано, кг	Документ про впровадження
2	3	4	5	6
Напівфабрикати десертної продукції				
№ 10-11 Д (№ 0111U005555) «Розробка та впровадження десертної продукції на основі молочної з регульованим сольовим складом»	ТІ та ТУ У 15.8-01566330- 264:2011 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини» (на дослідну партію)	ТОВ «ТПРЕС- ТИЖ» м. Харків	Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини – 160 кг	акт від 23.06.2011р.
№ 3-13 БО (№ 0113U000158) «Розробка наукових принципів регулювання властивостей сировини тваринного походження в технологіях харчової продукції масового споживання»	ТІ та ТУ У 15.8-01566330- 264:2013 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини»	ТОВ «Чигринов», м. Харків	Напівфабрикат «Молочно- полуничний» – 100 кг, «Вершково-вишневий» – 100 кг	акт від 01.10.2013 р.
		ХДУХТ	–	акт від 05.11.2013 р., 17.12.2014 р.
№ 20-10-12 Б (№ 0109U008647) «Фізико-хімічні основи регулювання сольового складу харчових продуктів шляхом використання природних іонообмінників»	ТІ та ТУ У 15.8-01566330- 264:2011 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини» (на дослідну партію)	ТОВ «НВП АЛЗАН»	Суміш харчова для виробництва морозива молочного «Молочно- смородинове» – 40 кг; вершкового «Молочно- вишневе» – 40 кг	акт від 12.07.2012 р.
№ 02-17-18Б (0116U008438) «Розробка та впровадження інноваційних технологій харчової продукції»	Зміна 1:2018 до ТУ У 15.8- 01566330-264:2013 «Напівфабрикати для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини»	ТОВ «Валківський молочний завод», м. Валки	Напівфабрикати десертної продукції «Вершково-перси- ковий» – 350 кг, «Молочно- смородиновий» – 350 кг	акт від 05.02.2018 р.

Продовження табл. 6.8

1	2	3	4	5
Десертна продукція на основі напівфабрикатів				
№ 3-10 Д (№ 0110U001432) «Розробка нормативної та технологічної документації на закусочну та десертну продукції з використанням харчових гідроколоїдів»	Технологічна інструкція з виробництва десертів на основі напівфабрикатів для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини до ТУ У 15.8-01566330-264:2011 (на дослідну партію)	ТОВ «Тайфун-2000», м. Харків	Морозиво молочне плодово-ягідне – 25 кг, морозиво молочно-полуничне – 25 кг	акт від 20.04.2010 р.
№ 20-10-12 Б (№ 0109U008647) «Фізико-хімічні основи регулювання сольового складу харчових продуктів шляхом використання природних іонообмінників»	Технологічна інструкція з виробництва десертів на основі напівфабрикатів для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини до ТУ У 15.8-01566330-264:2011 (на дослідну партію)	АТЗТ «Хладопром», м. Харків	Морозиво молочне «Молочно-полуничне» – 150 кг, «Молочно-смородинове» – 150 кг, вершкове «Молочно-абрикосове» – 150 кг	акт від 21.03.2011 р.
		ПП «Кобзар-65», м. Харків	Морозиво молочне «Молочно-смородинове» – 10 кг, «Молочно-персикове» – 10 кг	акт від 26.03.2012 р.
		ХДУХТ	–	акт від 27.10.2011 р.
№ 3-13 БО (№ 0113U000158) «Розробка наукових принципів регулювання властивостей сировини тваринного походження в технологіях харчової продукції масового споживання»	Технологічна інструкція з виробництва десертів на основі напівфабрикатів для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини до ТУ У 15.8-01566330-264:2013	ТОВ «Клуб Болеро», м. Харків	Крем «Молочно-абрикосовий» – 5 кг, крем «Вершково-ягідний» – 5 кг	акт від 27.09.2013 р.
		ФОП Канєвцев Д.В., м. Харків	Морозиво м'яке «Молочно-персикове» – 10 кг, морозиво м'яке «Вершково-смородинове» – 10 кг	акт від 24.09.2013 р.
№ 10-11 Д (№ 0111U005555) «Розробка та впровадження десертної продукції на основі молочної з регульованим сольовим складом»	Технологічна інструкція з виробництва десертів на основі напівфабрикатів для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини до ТУ У 15.8-01566330-264:2011 (на дослідну партію)	ТОВ «ТПРЕС-ТИЖ» м. Харків	Морозиво молочне «Молочно-яблучне» – 20 кг, «Молочно-малинове» – 20 кг, вершкове «Молочно-персикове» – 20 кг, «Молочно-ягідне» – 20 кг	акт від 27.06.2011 р., 05.07.2011 р.

Продовження табл. 6.8

1	2	3	4	5
Напівфабрикати з сиру кисломолочного				
19-15-16 Б (0114U006540) «Наукові та прикладні основи забезпечення технологічної стабільності дисперсних систем для виробництва харчової продукції, одержаної індустріальним способом»	–	ТОВ «Тайфун-2000», м. Харків	Напівфабрикат з сиру кисломолочного – 200 кг	акт № 1 від 01.11.2016 р.
02-17-18 Б (0116U008438) «Розробка та впровадження інноваційних технологій харчової продукції»	ТІ та ТУ У 10.5 – 01566330-330:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного «СИРНА ЛІНІЯ» (на дослідну партію)	ТОВ «Тайфун-2000», м. Харків	Напівфабрикат сирково-емульсійний – 100 кг	акт № 1 від 17.11.2017 р.
		Sfinks Polska S.A., Польща	Напівфабрикат сирково-емульсійний – 100 кг	акт № 1 від 22.11.2017 р.
		ХДУХТ	–	акт від 26.12.17
31-17-18 Д (0117U005594) «Обґрунтування технологічних параметрів виробництва напівфабрикату з сиру кисломолочного»	ТІ та ТУ У 10.5 – 01566330-324:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного»	ТОВ «Капсулар», м. Дергачі	Напівфабрикат з сиру кисломолочного	акт від 29.11.2017 р.
Технологія напівфабрикатів з сиру кисломолочного на основі молока з регульованим складом сольової системи	ТІ та ТУ У 10.5 – 01566330-324:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного»	ТОВ «Валківський молочний завод», м. Валки	Напівфабрикати з сиру кисломолочного на основі молока знежиреного з РССС	акт від 01.02.2018 р.
	ТІ та ТУ У 10.5-01566330-330:2018 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного «СИРНА ЛІНІЯ»		Напівфабрикати з сиру кисломолочного «Сирна Лінія» з масовою часткою жиру 10 %, 15 %, 20%, 30% – 500 кг	акт від 01.02.2018 р.
Кулінарна продукція на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного				
12-15 Д (0115U001872) «Експериментальне обґрунтування та розробка технологічної документації на кулінарну продукцію лікувального та лікувально-профілактичного призначення для ОКЦУН ім. В.І. Шаповала»	Технологічні картки	КЗОЗ ОКЦУН ім. В.І. Шаповала, м. Харків	Запіканка на основі напівфабрикату з сиру кисломолочного – 100 порцій, Пудинг на основі напівфабрикату з сиру кисломолочного – 100 порцій	акт від 28.09.2015 р.

Продовження табл. 6.8

1	2	3	4	5
		ХДУХТ	–	акт від 19.11.2015 р.
19-15-16 Б (0114U006540) «Наукові та прикладні основи забезпечення технологічної стабільності дисперсних систем для виробництва харчової продукції, одержаної індустріальним способом»	Технологічна інструкція з виготовлення кулінарної продукції на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного до ТУ У 10.5 – 01566330-324:2015 та ТУ У 10.5 – 01566330-330:2015 (на дослідну партію)	ПП «Кобзар-65», м. Харків	Сирники на основі напівфабрикату з сиру кисломолочного – 200 порцій, крем на основі напівфабрикату з сиру кисломолочного – 200 порцій	акт від 30.10.2015 р.
			Чізкейк на основі напівфабрикату з сиру кисломолочного	акт від 27.10.2016 р.
		ХДУХТ	–	акт від 26.11.2016 р.
2-16 БО (0116U006899) «Наукові основи технологій харчової продукції лікувально- профілактичного призначення, одержаної шляхом акумуляції функціональних інгредієнтів »	Технологічна інструкція з виготовлення кулінарної продукції на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного до ТУ У 10.5 – 01566330-324:2016 та ТУ У 10.5 – 01566330-330:2016 (на дослідну партію)	ТОВ «Капсулар», м. Дергачі	Десерт «Вишневий» – 150 кг, десерт «Полуничний» – 150 кг, десерт «Чорна смородина» – 150 кг, десерт «Абрикосовий» – 150 кг	акт від 05.10.2016 р.
		ХДУХТ	–	акт від 18.11.2016 р., 29.12.2016 р., 15.11.2017 р.
12-16 Д (0116U008876) «Розробка проекту технологічної документації на кулінарну продукцію та її адаптація в умовах виробничих процесів кафе «Кофеїн»	Технологічні картки	ТОВ «Кава-Арт», м. Харків	Кондитерська продукція (напівфабрикат випечений сирний) на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного – 150 кг	акт від 16.12.2016 р.
Технологія напівфабрикатів з сиру кисломолочного на основі молока з регульованим складом сольової системи	Технологічна інструкція з виготовлення кулінарної продукції на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного до ТУ У 10.5 – 01566330-324:2016 та ТУ У 10.5 – 01566330-330:2016 (на дослідну партію)	ТОВ «Крабхауз», ресторан «Алібі», м. Харків	Десерт – 70 порцій, пудинг – 30 порцій, запіканка – 40 порцій	акт від 05.07.2016 р.
		кафе «Брістоль», м. Харків	Паста закусочна «Середземноморська» – 50 кг, «Сицилійська» – 50 кг, «Пікантна» – 50 кг	акт від 05.09.2016 р.

Закінчення табл. 6.8

1	2	3	4	5
Напівфабрикати капсульовані (на основі сироватки молочної, молочні, кисломолочні)				
№ 6-17-18 Д (№ 0117U003691) «Наукове обґрунтування технологічних параметрів отримання капсульованої продукції на основі молочної сировини та жирів»	ТІ та ТУ У 10.5-38128375-008:2017 «Продукти на основі сироватки молочної капсульовані»	ACER CAMPESTRES S.L (Іспанія)	Напівфабрикати капсульовані на основі молочної сировини – 160 кг	акт від 12.12.2017р.
	ТІ та ТУ У 10.5-38128375-007:2017 «Продукти молочні та кисломолочні капсульовані» (на дослідну партію)	ХДУХТ	–	акт від 15.11.2017р.
Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію	ТІ та ТУ У 10.5-38128375-008:2018 «Продукти на основі сироватки молочної капсульовані» ТІ та ТУ У 10.5-38128375-007:2018 «Продукти молочні та кисломолочні капсульовані»	ТОВ «Капсулар», м. Дергачі	Продукти молочні та кисломолочні капсульовані – 500 кг Продукти на основі сироватки молочної капсульовані – 500 кг	акт від 11.06.2018 р.
№ 02-17-18Б (0116U008438) «Розробка та впровадження інноваційних технологій харчової продукції»	ТІ та ТУ У 10.5-38128375-008:2018 «Продукти на основі сироватки молочної капсульовані»	ТОВ «Валківський молочний завод», м. Валки	Напівфабрикати капсульовані на основі сироватки молочної – 500 кг	акт від 07.02.2018 р.
	ТІ та ТУ У 10.5-38128375-007:2018 «Продукти молочні та кисломолочні капсульовані»		Сири м'які капсульовані – 500 кг	акт від 08.02.2018 р.
Продукт гранульований				
Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію	ТІ та ТУ У 10.8-2992117198-002:2016 «Добавки дієтичні серії «Біонормалін»»	ФОП Авакян К.Г.	Добавка дієтична «Біонормалін Плюс» згідно обсягів виробничої програми підприємства	акт від 12.12.2017 р.
Кондитерська продукція з напівфабрикатами капсульованими та гранульованими				
Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію	Технологічна інструкція з виробництва кулінарної та кондитерської продукції з використанням напівфабрикатів капсульованих та гранульованих	ПрАТ «Харківська бісквітна фабрика», м. Харків	Зефір з н/ф молочними капсульованими з ароматом полуниці та шоколаду – по 200 кг	акт від 25.06.2018 р.
			Бісквіт з н/ф на основі сироватки капсульованими зі смаком малини та вишні – по 200 кг	акт від 26.06.2018 р.

Висновки за розділом 6

1. Базуючись на концепції теорії «стейкхолдерів», обґрунтовано методичний інструментарій оцінки ефективності впровадження розроблених технологій з використанням сукупності характеристик, які відображають науковий, науково-технічний, соціально-економічний та екологічний ефекти розробок; виявлено найбільш зацікавлених в результатах запровадження сторін – розробник / виробник, держава, споживачі, інвестори.

2. Одержані результати розрахунків за комплексною системою оцінки ефективності впровадження розроблених технологій, узагальнення даних щодо створеної наукової продукції, виконаних наукових досліджень за держзамовленням та замовленням підприємствами галузі дозволяють стверджувати, що одержані нові наукові дані є важливими для розвитку харчової науки, в тому числі наукових основ виробництва напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію.

3. Визначено, що прибуток від виробництва та реалізації нової продукції становить 7985,40 та 9947,50 грн. для напівфабрикатів десертної продукції та з сиру кисломолочного відповідно, 5571,72 та 8006,48 грн. для напівфабрикатів капсульованих (на основі сироватки та молочних й кисломолочних відповідно) на кожні 1000 кг реалізованої продукції. Доведено, що рентабельність виробництва вища за середньогалузеву на 49,79% для напівфабрикатів десертної продукції та з сиру кисломолочного, на 81,25% – для напівфабрикатів капсульованих.

4. Визначено, що напівфабрикати на основі молочної сировини мають високий рівень конкурентоспроможності (значення показника – 4,5 при середньому на ринку на рівні 1,0) завдяки наявності сукупності конкурентних переваг продукції з огляду на її споживні характеристики та технології виробництва. Розроблена продукція відповідає екологічним вимогам національних та світових стандартів, а розроблені технології сприяють

зменшенню навантаження на навколишнє середовище за рахунок залучення в технологічний цикл виробництва вторинної молочної сирини (сироватки).

5. Доведено, що за усіма критеріями «інноваційність», «комерційність» та «конкурентоспроможність» в площині визначених основних стейкхолдерів – розробник / виробник, держава, споживач, інвестор розроблені технології є ефективними, що підтверджує значення комплексного інтегрального показника ефективності, яке дорівнює одиниці. Впровадження результатів дослідження забезпечать виробнику високу рентабельність та довготривалу конкурентоспроможність на сучасному ринку; державі – приріст бюджетних надходжень та підвищення продуктової й екологічної безпечності; споживачам – задоволення попиту та нових вимог, розширення асортименту продукції та товарів високої якості й безпечності за прийнятною ціною; інвесторам – розширення інвестиційного портфелю та підвищення його прибутковості.

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 – TPC_M , сироватка молочна – TPC_C та їх суміші – $TPC_{сум}$) 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 TPC , 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 $TPC_M \rightarrow TPC_C$, 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 TPC у напівфабрикати з високими споживними властивостями. Теоретично доведено, що умовою колоїдної стабільності TPC_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 $TPC_m \longrightarrow TPC_c$. З урахуванням механізму утворення альгінат-лактокальцієвих комплексів науково обгрунтовано передумови одержання структурованих сфероподібних напівфабрикатів з інкапсульованими TPC_c та $TPC_{сум}$. Експериментально підтверджено, що концентрація іонного лактокальцію $20,0 \pm 0,1$ мг% є мінімально необхідною для реалізації процесу капсулювання.

5. Науково обгрунтовано та розроблено модель технологічного процесу виробництва TPC_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 TPC_m , що забезпечує зниження рН систем до 5,0–5,5 та дозволяє видалити з TPC_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 TPC_m з регульованим ССС. Підтверджено, що за ступеня декальцифікації TPC_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±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 ТРС_с ($C_{Ca^{2+}_{Lact}|pH=4,5} = 43,0 \pm 1,0$ мг%, $C_{Ca^{2+}_{Lact}|pH=4,0} = 88,0 \pm 1,0$ мг%). Доведено, що ТРС_с є ефективним носієм хімічного потенціалу ($\Delta H > 0$), що дозволяє його використовувати за співвідношення ТРС_с:ТРС_м 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 – $C_{Ca^{2+}_{Lact}} \geq 20,0$ 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_м 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Подлевський А. А. Державне регулювання виробничої кооперації в Україні : автореф. дис ... канд. екон. наук: 08.00.03. Рівне: НУВГП, 2018. 27 с.
2. Минин А. В2В чи В2С – разберемся с терминами [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://a-minin.ru/b2b-ili-b2c-razberemysya-s-terminami/>
3. Турло Д. Оптимізація бізнес-процесу збуту підприємств харчової промисловості [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://applecons.com.ua/ua/optimizatsiya-biznes-protsesta-sbyta-predpriyatij-pishhevoj-promyshlennosti-2/>
4. Højmoose S., Brammer S., Millington A. “Green” supply chain management: The role of trust and top management in B2B and B2C markets // *Industrial Marketing Management*. 2012. Vol. 41. № 4. P. 609–620.
5. Промисловість України у 2011–2015 роках: статистичний збірник / Держ. ком. статистики України. Київ: вид.- во Держ. стат. України. 2016. 379 с.
6. Лендел М. А., Жулканич О. М. Специфіка міжгалузевих організаційно-економічних відносин в агропромисловому виробництві: аналітичний аспект // *Науковий вісник Мукачівського державного університету. Сер.: Економіка*. 2015. № 2 (1). С. 42–48.
7. Керанчук Т. Л. Молочна галузь України: перспективи і проблеми розвитку // *Східна Європа: Економіка, бізнес та управління*. 2017. № 3 (08). С. 133–136.
8. Ярмак А. Прогноз ринку українського ринку молока та молокопродуктів в контексті світових тенденцій [Електронний ресурс]. Режим

доступу: <http://milkua.info/uk/post/prognoz-rozvitku-ukrainskogo-rinku-moloka-ta-molokoproduktiv-v-konteksti-svitovih-tendencij>

9. В Украине сокращается производство молока [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://economics.unian.net/agro/2272369-v-ukraine-sokraschaetsya-proizvodstvo-moloka.html>

10. Чагаровський В. П. Щоб розвивати виробництво і бути успішним, треба мати бажання // Milk Processing. 2017. № 3. С. 10–15.

11. Аналітика молочного ринку від UFEB. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://agronews.ua/node/75815>

12. Музиченко Я. Світовий молочний ринок на порозі відновлення // Milk Processing. 2016. № 1. С. 10–14.

13. Чернюшок О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Василів В. П., Дашковський Ю. О., Ардинський О. В., Федоренко Л. А. Сироватка молочна – біологічно цінний продукт // Харчова наука і технологія. 2011. №1 (14). С.40–42.

14. Споживчі настрої: як змінюються пріоритети // Milk Processing. 2016. № 1. С. 18–21.

15. Закон України «Про молоко та молочні продукти (щодо молокозмісних продуктів)» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1870-15>

16. Key Trends in Food, Nutrition & Health 2017. And how they can work for you [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.fdin.org.uk/wp-content/uploads/2017/02/Allen-Bruce.pdf>

17. Ten Key Health and Nutrition Trends 2018 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://khni.kerry.com/trends-and-insights/ten-key-health-and-nutrition-trends-2018/>

18. Nestle M. Food politics: How the food industry influences nutrition and health // Univ of California Press, 2013. Vol. 3. 511 p.

19. Bigliardi B., Galati F. Innovation trends in the food industry: the case of functional foods // Trends in Food Science & Technology. 2013. [Vol. 31. № 2](#). P. 118–129.

20. Dickinson E. Interfacial structure and stability of food emulsions as affected by protein–polysaccharide interactions // *Soft Matter*. 2008. Vol. 4. № 5. P. 932–942.
21. Horne D. S. Casein micelle structure and stability // *Milk Proteins (Second Edition)*, 2014. P. 169–200.
22. Dalgleish D. G., Corredig M. The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing // *Annual review of food science and technology*. 2012. Vol. 3. P. 449–467.
23. Измайлова В. Н., Ребиндер П. А. Структурообразование в белковых системах. М.: Наука, 1974. 268 с.
24. Дерягин Б. В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок. М.: Наука, 1986. С. 18–199.
25. Щукин Е. Д. Развитие учения П. А. Ребиндера о факторах сильной стабилизации дисперсных систем // *Коллоид. журн.* 1997. Т. 59. №2. С. 270–284.
26. Урьев Н. Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988. 256 с.
27. Uriev N. V. Physicochemical dynamics of disperse systems // *Russian chemical reviews*. 2004. Vol. 73. № 1. С. 37–58.
28. Урьев Н.°Б., Талейсник М. А. Пищевые дисперсные системы (физико-химические основы интенсификации технологических процессов). М.: Агропромиздат, 1985. 296 с.
29. Гуляев-Зайцев С. С., Кононович Н. Г., Ильяшенко Т. И., Полищук Г. Е. Взбитые молочные десерты и способы их изготовления: Обзорная информация М.: АгроНИИТЭИММП, 1987. 32 с.
30. Горбатова К. К., Гунькова П. И. Биохимия молока и молочных продуктов: учеб. 4-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГИОРД, 2010. 336 с.
31. Зубченко А. В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: Учебник. 2-е издание. Воронеж, 2001. 389 с.

32. Інноваційні технології виробництва харчової продукції масового споживання: монографія / за заг. ред. П. П. Пивоварова. Х.: ХДУХТ, 2011. 444 с.
33. Гринченко О. А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции с использованием полуфабрикатов функциональных композиций на основе полисахаридов: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.16. Х., 2005. 380 с.
34. Горальчук А. Б. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною структурою: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2016. 374 с.
35. Im-Emsap W., Paeratakul O., Siepmann J. Disperse systems // *Modern pharmaceuticals*. 2002. P. 237–285.
36. Matijevic E., Good R. J. (ed.). *Surface and colloid science*. Springer Science & Business Media, 2012. Vol. 12.
37. Данилова Е. А., Гусев А. М., Домкин К. И. Классификация дисперсных систем и влияние размеров частиц на некоторые свойства // *Труды Международного симпозиума «Надежность и качество»*. 2011. Т. 2.
38. Takeo M. Disperse systems // *Digital Encyclopedia of Applied Physics*. 2003. P. 1–13.
39. Attwood D. Disperse systems // *Aulton's Pharmaceuticals E-Book: The Design and Manufacture of Medicines*. 2013. P. 62.
40. [Тепел Альфред](#). Химия и физика молока // Пер. с нем. Фильчакова С. А. СПб.: Профессия, 2012. 832 с.
41. Абиев Р. Ш., Бибик Е. Е. Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия—С // СПб.: АНО НПО «Профессионал». 2004.
42. Урьев Н. Б. Физико-химическая динамика дисперсных систем // *Успехи химии*. 2004. Т. 73. № 1. С. 39–62.

43. McClements D. J. Theoretical analysis of factors affecting the formation and stability of multilayered colloidal dispersions // *Langmuir*. 2005. Vol. 21. № 21. P. 9777–9785.
44. Tsioulpas A., Lewis M. J., Grandison A. S. Effect of minerals on casein micelle stability of cows' milk // *Journal of Dairy Research*. 2007. Vol. 74. № 2. P. 167–173.
45. Faka M. et al. The effect of free Ca²⁺ on the heat stability and other characteristics of low-heat skim milk powder // *International Dairy Journal*. 2009. Vol. 19. № 6. P. 386–392.
46. Frenkel D. Why colloidal systems can be described by statistical mechanics: some not very original comments on the Gibbs paradox // *Molecular Physics*. 2014. Vol. 112. № 17. P. 2325–2329.
47. Гиббс Дж. В. Термодинамика. Статистическая механика. М.: Наука, 1982. 584 с.
48. Панфилов В. А. Диалектика пищевых технологий // *Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья*. 2004. № 6. С. 17 – 22.
49. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. Теория неравновесных систем. М.: МГУ, 1987. 559 с.
50. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
51. Рубин А. Б. Термодинамика биологических процессов. М.: МГУ, 1984. 290 с.
52. Блюменфельд Л. А. Информация, термодинамика и конструкция биологических систем // *Соросовский Образовательный Журнал*. 1997. № 7. С. 88–92
53. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
54. Rizvi S. S. Thermodynamic properties of foods in dehydration. *Engineering Properties of Foods, Third Edition*. CRC Press, 2014. P. 261–348.

55. Hooyman G. J., De Groot S. R., Mazur P. Transformation properties of the onsager relations // *Physica*. 1954. Vol. 21. № 1–5. P. 360-366.
56. Miller D. G. The Onsager relations; experimental evidence // *Foundations of Continuum Thermodynamics*. Palgrave, London, 1973. P. 185–214.
57. Rebouillat S., Ortega-Requena S. Potential applications of milk fractions and valorization of dairy by-products: a review of the state-of-the-art available data, outlining the innovation potential from a bigger data standpoint // *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*. 2015. Vol. 6. № 03. P. 176.
58. Bijl E., Huppertz T., van Valenberg H., & Holt C. A quantitative model of the bovine casein micelle: ion equilibria and calcium phosphate sequestration by individual caseins in bovine milk // *European Biophysics Journal*, 2018. P. 1–15.
59. Kumosinski T.F., Uknalis J., Cooke P.H. & Farrell Jr, H. M. Correlation of refined models for casein submicelles with electron microscopic studies of casein // *LWT-Food Science and Technology*, 1996. Vol. 29(4)/ P. 326–333.
60. Горбатова К. К. Химия и физика молока: учебник для вузов. СПб.: ГИОРД, 2004. 288 с.
61. Шалыгина А. М., Калинина Л. В. Общая технология молока и молочных продуктов: учебник для вузов. М.: Колос, 2007. 200 с.
62. Крусъ Г. Н., Храмцов А. Г., Волокитина З. В., Карпычев С. В. Технология молока и молочных продуктов // под ред. Шалыгиной А. М. М.: КолосС, 2006. 455 с.
63. Богатова О. В., Догарева Н. Г. Химия и физика молока: учебное пособие. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 137 с.
64. Якубчак О. М. Физические и биохимические свойства молока // *Молочное дело?* 2005. № 12. С. 36–37.
65. Miller G.D., Jarvis J.K., McBean L.D. The importance of milk and milk products in the diet. *Handbook of dairy foods and nutrition*. Third Edition, CRC Press, Boca Raton, 2006. P. 1–53.
66. Spreer E. *Milk and dairy product technology* // Routledge, 2017. 477 p.

67. Niir B. Modern Technology Of Milk Processing & Dairy Products. 4th Ed. // NIIR PROJECT CONSULTANCY SERVICES, 2013. 550 p.
68. Dos Reis Coimbra J. S., Teixeira J. A. Engineering aspects of milk and dairy products. CRC Press, 2009. 275 p.
69. Fox P. F. Milk proteins: general and historical aspects // Advanced Dairy Chemistry1–Proteins. Springer US, 2003. P. 1–48.
70. McKenzie H. (ed.). Milk Proteins V1: Chemistry and molecular biology. Elsevier, 2012.
71. Fox P. F., Guinee T. P., Cogan T. M., McSweeney P. L. Chemistry of milk constituents // Fundamentals Of Cheese Science. Springer, Boston, MA, 2017. P. 71–104.
72. Lucey J. A., Horne D.S. Milk salts: technological significance // Advanced Dairy Chemistry. Springer, New York, NY, 2009. P. 351–389.
73. Uniacke-Lowe T, Fox P. F. Equid milk. Encyclopedia of Dairy Sciences. Vol 3, 2nd edn. Academic, Oxford, 2011. P. 518–529.
74. O'mahony J. A., Fox P. F. Milk proteins: Introduction and historical aspects // Advanced dairy chemistry. Springer, Boston, MA. 2013. P. 43–85.
75. Farrell Jr H. M., Jimenez-Flores R., Bleck G. T., Brown E. M., Butler J. E., Creamer L. K., Swaisgood H. E. Nomenclature of the proteins of cows' milk – Sixth revision // Journal of dairy science. 2004. Vol. 87. № 6. P. 1641–1674.
76. Fox P. F, Brodkorb A. The casein micelle: historical aspects, current concepts and significance // International Dairy Journal. 2008. Vol. 18. № 7. P. 677–684.
77. Fox P. F., McSweeney P. L. H. Advanced dairy chemistry. Vol. 1, Proteins. P. A. Kluwer Academic/Plenum, 2003.
78. Horne D. S. Casein interactions: casting light on the black boxes, the structure in dairy products // International Dairy Journal. 1998. Vol. 8. № 3. P. 171–177.
79. Wong N. P. Fundamentals of dairy chemistry // Springer Science & Business Media, 2012. 534 p.

80. Huppertz T., Fox P.F. & Kelly A.L. The caseins: Structure, stability, and functionality // In *Proteins in Food Processing (Second Edition)*, 2018. P. 49–92.
81. Walstra P. Casein sub-micelles: do they exist? // *International Dairy Journal*. 1999. Vol. 9. № 3–6. P. 189–192.
82. Veloso A.C., Teixeira N. & Ferreira I.M. Separation and quantification of the major casein fractions by reverse-phase high-performance liquid chromatography and urea–polyacrylamide gel electrophoresis: Detection of milk adulterations // *Journal of Chromatography A*, 2002. Vol. 967(2). P. 209-218.
83. Просеков А. Ю., Курбанова М. Г. Анализ состава и свойств белков молока с целью использования в различных отраслях пищевой промышленности // *Техника и технология пищевых производств*. 2009. № 4.
84. Матушкина Е. В. Характеристика каппа-казеина как фракции молочного белка // *Аграрный вестник Урала*. 2014. № 9. С. 38–40.
85. Осинцев А. М. Теоретические и экспериментальные исследования коагуляции молока: дис. ... докт. техн. наук. Кемерово, 2007. 332 с.
86. Гуньков С. В. Влияние технологических свойств молока на выход и качество творога: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2006. 158 с.
87. Fox P. F. et al. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Second Edition. Springer International Publishing, 2015. 584 p.
88. Broyard C., Gaucheron F. Modifications of structures and functions of caseins: a scientific and technological challenge // *Dairy Science & Technology*. 2015. Vol. 95. № 6. P. 831–862.
89. Алексеева Н. Ю. Современная номенклатура белков молока // *Молочная промышленность*. 1983. № 4. С. 27–31.
90. Dalgleish D. G. On the structural models of bovine casein micelles – review and possible improvements // *Soft Matter*. 2011. Vol. 7. № 6. P. 2265–2272.
91. Holt C., Horne D.S. The hairy casein micelle: Evolution of the concept and its implications for dairy technology // *Netherlands Milk and Dairy Journal*. 1996. Vol. 50. P. 85–111.

92. Paquin P., Britten M., Laliberte M.-F., Boulet M. Interfacial properties of milk casein proteins // ACS Symposium series-American Chemical Society (USA). 1987. P. 677–686.

93. Horne D. S., Parker T. G., Dalgleish D. G. Casein micelles, polycondensation and fractals // Food Colloids. 1989. № 75. P. 400–405.

94. Dalgleish D. G. Casein micelles as colloids: Surface structure and stabilities // Journal of dairy science. 1998. Vol. 81. № 11. P. 3013–3018.

95. [Holt C.](#) An equilibrium thermodynamic model of the sequestration of calcium phosphate by casein micelles and its application to the calculation of the partition of salts in milk // Journal of Dairy Science. 2013. Vol. 96 (10). P. 421–434.

96. Horne D. S. Casein micelle structure: models and muddles // Current Opinion in Colloid & Interface Science. 2006. Vol. 11. № 2–3. P. 148–153.

97. De Kruif C. G., Holt C. Casein micelle structure, functions and interactions // Advanced Dairy Chemistry – 1 Proteins. Springer, Boston, MA. 2003. P. 233–276.

98. Dalgleish D. G., Spagnuolo P. A., Goff H. D. A possible structure of the casein micelle based on high-resolution field-emission scanning electron microscopy // International Dairy Journal. 2004. Vol. 14. № 12. P. 1025–1031.

99. El'chaninov V. V. Present day knowledge about casein micelles structure // Молочная промышленность. 2011. № 3. С. 77–78.

100. Farrell Jr H. M., Malin E. L., Brown E. M., Qi P. X. Casein micelle structure: What can be learned from milk synthesis and structural biology? // Current Opinion in Colloid & Interface Science. 2006. Vol. 11. № 2–3. P. 135–147.

101. Kumosinski T. F., King G., Farrell H. M. An energy-minimized casein submicelle working model // Journal of protein chemistry. 1994. Vol. 13. № 8. P. 681–700.

102. De Kruif C. G., Huppertz T., Urban V. S., Petukhov A. V. Casein micelles and their internal structure // Advances in Colloid and Interface Science. 2012. Vol. 171. P. 36–52.

103. Morr C. V. Physico-chemical basis for functionality of milk proteins // Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsber. 1983. Vol. 35. № 3. P. 330–344.

104. Schmidt D.G. Colloidal aspects of casein // Netherlands Milk and Dairy Journal. 1980. Vol. 34. № 1. P. 42–64.

105. Walstra P. On the stability of casein micelles // Journal of Dairy Science. 1990. Vol. 73. № 8. P. 1965–1979.

106. Lucey J. A. The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels // Food Hydrocolloids. 2001. Vol. 15. № 4–6. P. 603–608.

107. Lucey J. A. Formation and physical properties of milk protein gels // Journal of Dairy Science. 2002. Vol. 85. № 2. P. 281–294.

108. Fox P. F., Uniacke-Lowe T., McSweeney P. L. H., O'Mahony J. A. Chemistry and biochemistry of cheese // Dairy Chemistry and Biochemistry. Springer International Publishing, 2015. P. 499–546.

109. Xu Y. et al. Effect of calcium sequestration by ion-exchange treatment on the dissociation of casein micelles in model milk protein concentrates // Food Hydrocolloids. 2016. Vol. 60. P. 59–66.

110. Dybing S.T., Bhaskar G.V., Dunlop F.P., Fayerman A.M., Whitton M.J. Modified milk protein concentrates and their use in making gels and dairy products. Patent WO/2002/082917.

111. Bhaskar G. V. Dairy product and process. U.S. Patent Application No. 12/439,471, 2010.

112. Bhaskar G. V., Gao H., Donk R. K. Dairy product and process : заяв. пат. 13810161 США. 2013.

113. Харитонов В. Д., Агаркова Е. Ю., Будрик В. Г. Актуальные пути повышения качества и безопасности молока // Переработка молока. 2010. № 10. С. 26–27.

114. Плотнікова Р. В. Технологія напівфабрикатів десертної продукції на основі молока знежиреного з регульованим складом сольової системи : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2014. 183 с.

115. Mittal V. A. et al. Influence of calcium depletion on iron-binding properties of milk // *Journal of dairy science*. 2015. Vol. 98. № 4. P. 2103–2113.
116. McMahon D. J., Oommen B. S. Casein micelle structure, functions, and interactions // *Advanced dairy chemistry*. Springer, Boston, MA, 2013. P. 185–209.
117. Van Vliet T., Lakemond C. M. M., Visschers R. W. Rheology and structure of milk protein gels // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2004. Vol. 9. № 5. P. 298–304.
118. O’Connell J. E., Fox P. F. The two-stage coagulation of milk proteins in the minimum of the heat coagulation time-pH profile of milk: Effect of casein micelle size // *Journal of dairy science*. 2000. Vol. 83. № 3. P. 378–386.
119. O’Connell J. E., Fox P. F. Heat-induced coagulation of milk // *Advanced Dairy Chemistry–1 Proteins*. Springer, Boston, MA, 2003. P. 879–945.
120. Харитонов В. Д., Евдокимов И. А., Алиева Л. Р. Тенденции развития технологий переработки молока // *Молочная промышленность*. 2003. № 10. С. 5–8.
121. Phadungath C. The mechanism and properties of acid-coagulated milk gels // *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 2005. Vol. 27. № 2. P. 433–448.
122. Lucey J. A., Singh H. Acid coagulation of milk // *Advanced Dairy Chemistry–1 Proteins*. Springer US, 2003. P. 1001–1025.
123. Lucey J. A. Acid Coagulation of Milk // *Advanced Dairy Chemistry*. Springer New York, 2016. P. 309–328.
124. Le Bon Ch., Nicolai T., Durand D. Kinetics of aggregation and gelation of globular proteins after heat-induced denaturation. *Macromolecules*. 1999. Vol. 32. № 19. P. 6120–6127.
125. Castillo M., Lucey J. A., Payne F. A. The effect of temperature and inoculum concentration on rheological and light scatter properties of milk coagulated by a combination of bacterial fermentation and chymosin. Cottage cheese-type gels // *International Dairy Journal*. 2006. Vol. 16. № 2. P. 131–146.
126. Остроумов Л. А., Бобылин В. В. Основные закономерности формирования мягких кислотно-сычужных сыров // *Сыроделие*. 1999. № 1. С. 21.

127. St-Gelais D., Haché S. Effect of β -casein concentration in cheese milk on rennet coagulation properties, cheese composition and cheese ripening // *Food Research International*. 2005. Vol. 38. № 5. P. 523–531.

128. Lucey J. A., Tamehana M., Singh H., Munro P. A. Rheological properties of milk gels formed by a combination of rennet and glucono- δ -lactone // *Journal of Dairy Research*. 2000. Vol. 67. № 3. P. 415–427.

129. Walstra P., Geurts T. J., Walstra P., & Wouters, J.T. Dairy science and technology // CRC press, 2005. 445 p.

130. Шингарёва Т. И., Скапцова Н. А. Исследование возможности использования восстановленного молока при производстве белковых продуктов способом термокислотной коагуляции // *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2010. № 38 (2). С. 213–218.

131. Hyslop D. B. Enzymatic coagulation of milk // *Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins*. Springer, Boston, MA, 2003. P. 839–878.

132. Gastaldi E., Pellegrini O., Lagaude A., de la Fuente B. T. Functions of added calcium in acid milk coagulation // *Journal of food science*. 1994. Vol. 59. № 2. P. 310–312.

133. O'Connell J. E., Saracino P., Huppertz T., Uniake T., De Kruif C. G., Kelly A. L., Fox P. F. (2006). Influence of ethanol on the rennet-induced coagulation of milk // *Journal of dairy research*. 2006. Vol. 73. № 3. P. 312–317.

134. Афанасьева Е. О. Совершенствование термостатного способа производства йогурта: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2015.

135. Мироненко И. М., Сиденко Ю. А. Исследование динамики рН и ионного кальция при формировании кислотных сгустков // *Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием; вып. 13 / под ред. А. А. Майорова*. Барнаул: АЗБУКА, 2015. С. 122–130.

136. Смирнова И. А., Гралевская И. В., Штригуль В. К., Смирнов Д. А. Исследование способов коагуляции молока с целью формирования

микропартикулятов белков молока // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 3 (26).

137. Иванова С. А. Стохастическая модель кислотной коагуляции в дисперсных системах обезжиренного молока // Техника и технология пищевых производств. 2010. № 3 (18).

138. Забодалова Л. А., Паткуль Г. М. (1982). Исследование процесса структурообразования при кислотной коагуляции белков молока // XXI Международный молочный конгресс. 1982. Т. 1.

139. Назаров П. В. Порог кислотной коагуляции как один из физико-химических параметров исследования молока // Приволжский научный вестник. 2016. № 6 (58).

140. Остроумов Л. А., Осинцев А. М., Смирнова И. А., Глушаков М. А., Чеботарев А. Л. Феноменологическая модель термокислотной коагуляции белков обезжиренного молока // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 1 (20).

141. Осинцев А. М., Брагинский В., Чеботарев А. Л., Осинцева М. А., Сырцева А. П. Исследование термокислотной коагуляции молока термографическим методом // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 4 (31).

142. Асташенко Е. Б., Осинцев А. М., Остроумова Т. Л. Компьютерное моделирование кислотной коагуляции молока // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 3. С. 62–63.

143. Banon S., & Hardy, J. Study of acid milk coagulation by an optical method using light reflection // Journal of dairy research, 1991. Vol. 58(1). P. 75–84.

144. O'Connell J. E., Fox P. F. The two-stage coagulation of milk proteins in the minimum of the heat coagulation time-pH profile of milk: Effect of casein micelle size // Journal of dairy science. 2000. Vol. 83. № 3. P. 378–386.

145. Cross K. J. et al. Physicochemical characterization of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate nanocomplexes // Journal of Biological Chemistry. 2005. Vol. 280. № 15. P. 15362–15369.

146. Lewis M. J. The measurement and significance of ionic calcium in milk—a review // *International Journal of Dairy Technology*. 2011. Vol. 64. № 1. P. 1–13.

147. Udabage P., McKinnon I. A. N. R., Augustin M. A. N. N. Mineral and casein equilibria in milk: effects of added salts and calcium-chelating agents // *Journal of Dairy Research*. 2000. Vol. 67. № 3. P. 361–370.

148. Singh H. Heat stability of milk // *International Journal of Dairy Technology*. 2004. Vol. 57. № 2–3. P. 111–119.

149. Huppertz T., Kelly A. L., Fox P. F. Effects of high pressure on constituents and properties of milk // *International Dairy Journal*. 2002. Vol. 12. № 7. P. 561–572.

150. Мироненко И. М., Чорей Е. В., Жарков Р. В., Сухоруков М. В. Роль кальция при переработке молока // *Сыроделие и маслоделие*. 2008. № 3. С. 27–28.

151. Lin S. H. C., Leong S. L., Dewan R. K., Bloomfield V. A., Morr C. V. Effect of calcium ion on the structure of native bovine casein micelles // *Biochemistry*. 1972. Vol. 11. № 10. P. 1818–1821.

152. Pandalaneni K., Amamcharla J. K., Marella C., & Metzger, L.E. Influence of milk protein concentrates with modified calcium content on enteral dairy beverage formulations: Physicochemical properties // *Journal of dairy science*, 2018. P. 9714–9724.

153. De Kort E., Minor M., Snoeren T., Van Hooijdonk T., Van der Linden E. Effect of calcium chelators on heat coagulation and heat-induced changes of concentrated micellar casein solutions: the role of calcium-ion activity and micellar integrity // *International Dairy Journal*. 2012. Vol. 26. № 2. P. 112–119.

154. Dimpler J., Kieferle I., Wohlschläger H., Kulozik U. Milk ultrafiltrate analysis by ion chromatography and calcium activity for SMUF preparation for different scientific purposes and prediction of its supersaturation // *International Dairy Journal*. 2017. Vol. 68. P. 60–69.

155. De Kort E., Minor M., Snoeren T., Van Hooijdonk T., Van Der Linden E. Calcium-binding capacity of organic and inorganic ortho- and polyphosphates // *Dairy Science and Technology*. 2009. Vol. 89. № 3–4. P. 283–299.

156. Da Costa C. P., Okruszek A., Sigel H. Complex formation of divalent metal ions with uridine 5'-O-thiomonophosphate or methyl thiophosphate: comparison of complex stabilities with those of the parent phosphate ligands // *ChemBioChem*. 2003. Vol. 4. № 7. P. 593–602.

157. Martin C. J., Evans W. J. Phytic acid-metal ion interactions. II. The effect of pH on Ca (II) binding // *Journal of Inorganic Biochemistry*. 1986. Vol. 27. № 1. P. 17–30.

158. Philippe M., Le Graet Y., Gaucheron F. The effects of different cations on the physicochemical characteristics of casein micelles // *Food Chemistry*. 2005. Vol. 90. № 4. P. 673–683.

159. Stewart A. F. et. al. Complete nucleotide sequences of bovine α 2- and P-casein cDNAs: comparisons with related sequences in other species // *Molecular biology and evolution*. 1987. Vol. 4. № 3. P. 231–241.

160. Юкало В. Г. Білки казеїнового комплексу коров'ячого молока та продукти їх протеолізу за дії ферментів молочнокислих бактерій: автореф. дис. ... докт. біол. Наук: 03.00.04. Львів: УААН, 2007. 21 с.

161. Kinsella J. E., Morr C. V. Milk proteins: physicochemical and functional properties // *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*. 1984. Vol. 21. № 3. P. 197–262.

162. Kinsella J. E., Whithead D. M. Modification of milk proteins to improve functional properties and applications // *XXII Intern. Dairy Congress*. 1986. P. 791–804.

163. Fox P.F., Guinee T.P., Cogan T.M., & McSweeney P.L. Chemistry of milk constituents. In *Fundamentals of Cheese Science* // Springer, Boston, MA, 2017. P.71–104.

164. Anema S.G. Role of colloidal calcium phosphate in the acid gelation properties of heated skim milk // *Food Chemistry*. 2009. Vol. 114. № 1. P. 161–167.

165. Corredig M., Dalgleish D. G. Effect of temperature and pH on the interactions of whey proteins with casein micelles in skim milk // *Food Research International*. 1996. Vol. 29. № 1. P. 49–55.

166. Philippe M., Le Graët Y., Gaucheron F. The effects of different cations on the physicochemical characteristics of casein micelles // *Food Chemistry*. 2005. Vol. 90. № 4. P. 673–683.

167. Guo C. et al. Casein precipitation equilibria in the presence of calcium ions and phosphates // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2003. Vol. 29, № 4. P. 297–307.

168. Huppertz T. *Chemistry of the Caseins* // *Advanced dairy chemistry*. Springer, Boston, MA, 2013. PP. 135–160.

169. Famelart M. H., Le Graet Y., Raulot K. Casein micelle dispersions into water, NaCl and CaCl₂: physicochemical characteristics of micelles and rennet coagulation // *International Dairy Journal*. 1999. Vol. 9. № 3–6. P. 293–297.

170. Faka M. et al. The effect of free Ca²⁺ on the heat stability and other characteristics of low-heat skim milk powder // *International Dairy Journal*. 2009. Vol. 19. № 6–7. P. 386–392.

171. Holt C. Structure and stability of bovine casein micelles // *Advances in Protein Chemistry*. 1992. Vol. 43. P. 63–151.

172. Dickinson E., Golding M. Influence of calcium ions on creaming and rheology of emulsions containing sodium caseinate // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 1998. Vol. 144, № 1–3. P. 167–177.

173. Dorea J.G. Calcium and phosphorus in human milk // *Nutrition Research*. 1999. Vol. 19. № 5. P. 709–739.

174. McSweeney S. L., Mulvihill D. M., O'Callaghan D. M. The influence of pH on the heat-induced aggregation of model milk protein ingredient systems and model infant formula emulsions stabilized by milk protein ingredients // *Food Hydrocolloids*. 2004. Vol. 18. № 1. P. 109–125.

175. Auty M. A. E. et al. The application of microscopy and rheology to study the effect of milk salt concentration on the structure of acidified micellar casein systems // *Food Hydrocolloids*. 2005. Vol. 19. № 1. P. 101–109.

176. Schrader K., Buchheim W., Morr C. V. High pressure effects on the colloidal calcium phosphate and the structural integrity of micellar casein in milk // *Food/Nahrung*. 1997. – Vol. 41. № 3. P. 133–138.

177. Renhe I.R. T., Indris L.M., & Corredig M. Effect of calcium chelators on heat stability and heat-induced changes of milk microfiltered concentrates // *International Dairy Journal*, 2018. Vol. 82. PP. 4-10.

178. Roig M. J. et al. Calcium bioavailability in human milk, cow milk and infant formulas - comparison between dialysis and solubility methods // *Food Chemistry*. 1999. Vol. 65. № 3. P. 353–357.

179. Schmitt M. et al. Effect of temperature on the salt balance of milk studied by capillary ion electrophoresis // *Journal of Chromatography A*. 1993. Vol. 640. № 1–2. P. 419–424.

180. Коваленко Д. Н. Новые методы анализа молочных продуктов // *Молочная промышленность*. 2008. № 3. С. 43–46.

181. Кочубей-Литвиненко О. В. и др. О воздействии электроискровых разрядов на свойства молочной сыворотки // *Импульсные процессы в механике сплошных сред : материалы IX Международной научной конференции*, 2011. Н.: НАН, 2011. С. 227–230.

182. Пашинский В. А., Дубодел И. Б., Кривовязенко Д. И. Энергоэффективная технология электрокоагуляции белков // *Экологический вестник*. 2010. С. 101.

183. Чабанова О. Б., Недобійчук Т. В., Могилянська Н. О., Скрипніченко Д. О. Вплив способів отримання харчового казеїну на розчинність // *Харчова наука і технологія*. 2010. № 2. С. 87–90.

184. Гринченко Н., Тютюкова Д., Пивоваров П. Модифікація структури та функціонально-технологічних властивостей казеїну: наукові та прикладні аспекти // *Харчова наука та технологія*. 2017. Т. 11. № 1. С. 57–68.

185. Губанова А. О., Кулікова О. В., Нікорич В. З. Використання моделі міцели для підвищення рівня знань з електрики в процесі вивчення фізики у ВНЗ // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. 2012. № 18.

186. Ménard O. et al. Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane // *Food Chemistry*. 2010. Vol. 120. № 2. P. 544–551.

187. Bouzid H. et al. Impact of zeta potential and size of caseins as precursors of fouling deposit on limiting and critical fluxes in spiral ultrafiltration of modified skim milks // *Journal of Membrane Science*. 2008. Vol. 314. № 1-2. P. 67–75.

188. Chen B., & O'Mahony J.A. Impact of glucose polymer chain length on heat and physical stability of milk protein-carbohydrate nutritional beverages // *Food chemistry*. 2016. Vol. 211. PP. 474–482.

189. Курьянова Н. Х. Физические свойства молока // *Наука в современных условиях: от идеи до внедрения*. 2014. № 1. С. 340–343.

190. Дымар О.В. Научное обоснование и разработка технологий комплексного использования продуктов переработки молока: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04. Минск: ВНИИМП, 2016. 46 с.

191. Gao R. et al. Accurate determination of the Ca^{2+} activity in milk-based systems by Ca-ISE: Effects of ionic composition on the single Ca^{2+} activity coefficient and liquid junction potentials // *Food chemistry*. 2011. Vol. 129. № 2. P. 619–623.

192. Lucey J. A. et al. Effect of heat treatment on the physical properties of milk gels made with both rennet and acid // *International Dairy Journal*. 2001. Vol. 11. № 4. P. 559–565.

193. Torikata Y., Ishihara J., Yano T. Protein coagulation through reversible and irreversible bindings of calcium // *Agricultural and Biological Chemistry*. 1987. Vol. 51. № 3. P. 707–714.

194. Udabage P., McKinnon I.R., Augustin M. A. Effects of mineral salts and calcium chelating agents on the gelation of renneted skim milk // *Journal of Dairy Science*. 2001. Vol. 84. № 7. P. 1569–1575.

195. Gao R. et al. Modelling ion composition in simulated milk ultrafiltrate (SMUF). I: Influence of calcium phosphate precipitation // *Food chemistry*. 2010. Vol. 122. № 3. P. 700–709.

196. Tanaka M. et al. Relation of calcium activity in milk and milk production of holstein cows in hot season // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2011. Vol. 24. № 10. P. 1372–1376.

197. Донская Г. А. Влияние ионообменной обработки на состав молока и молочных продуктов // М.: ЦНИИТЭИмясомолпром СССР. 1979. 27 с.

198. Танащук С., Савченко О., Ніколайчук А. Застосування іонообмінних смол // *Харчова і переробна промисловість*. 2006. № 2. С. 23–25.

199. Храмцов А. Г. Применение ионного обмена в молочной промышленности // М.: ЦНИИТЭИмясомолпром СССР. 1972. 45 с.

200. Соколова Л. И. Применение ионообменных процессов для повышения термостабильности молока: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 15.18.04. М.: Москва, 1975. 21 с.

201. Ольшанова К. М. Применение ионитов в пищевой промышленности // М.: ГОСИНТИ, 1961. 28 с.

202. Салдадзе К. М., Пашков А. Б., Титов В.°С. Ионообменные высокомолекулярные соединения. М., 1960. 356 с.

203. Гельферих Ф. Иониты. М., 1962. 490 с.

204. Панфилова Н. Е. Ионитное молоко: (отраслевое консультирование. Технологии) [Электронный ресурс] // *Молоко и здоровье*. Минск: Ураджай, 1972. Режим доступа: <http://www.agro.sakha.ru>.

205. Шапошникова З. Б. Применение солевых форм ионитов для изменения солевого состава и свойств молока: канд. дисс. техн. пищ. ин-т—Киев, 1954. 25 с.

206. Дымар О.°В. Модификация физико-химических характеристик молочного сырья методами ионного обмена и гель-фильтрации: Монография. Минск: РУП «Институт мясомолочной промышленности», 2013. 55 с.

207. Донская Г. А., Дрожжин В. М. Ионообменные процессы в переработке молока // Молочная промышленность. 2008. № 7. С. 50–51.

208. Strathmann H. Ion-exchange membrane separation processes. Elsevier, 2004. Vol. 9. 345 p.

209. Noble R. D., Stern S. A. (Ed.). Membrane separations technology: principles and applications. Elsevier, 1995. Vol. 2. 713 p.

210. Brans G. et al. Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges // Journal of Membrane Science. 2004. Vol. 243. № 1–2. P. 263–272.

211. Pouliot Y. Membrane processes in dairy technology—From a simple idea to worldwide panacea // International Dairy Journal. 2008. Vol. 18. № 7. P. 735–740.

212. Mayer H. K., Heidler D., Rockenbauer C. Determination of the percentages of cows', ewes' and goats' milk in cheese by isoelectric focusing and cation-exchange HPLC of γ - and para- κ -caseins // International Dairy Journal. 1997. Vol. 7. № 10. P. 619–628

213. Колесникова С. Н. Фосфатная болезнь молока [Электроний ресурс] / <http://www.nextonmarket.com/articles/read/914>.

214. Федушнов П. А. Использование системы Будал 935 // Продукты & Ингредиенты. 2007. С. 63–67.

215. Постнова И. В. Формирование и физико-химические свойства гомогенных альгинатных гелей: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.04. М.: РГБ, 2003. 146 с.

216. Johnson F. A., Craig D. Q., Mercer A. D. Characterization of the block structure and molecular weight of sodium alginates // Journal of pharmacy and pharmacology. 1997. Vol. 49. № 7. P. 639–643.

217. Soares J. P. et al. Thermal behavior of alginic acid and its sodium salt // Eclética Química. 2004. Vol. 29. № 2. P. 57–64.

218. Sellimi S. et al. Structural, physicochemical and antioxidant properties of sodium alginate isolated from a Tunisian brown seaweed // *International journal of biological macromolecules*. 2015. Vol. 72. P. 1358–1367.

219. Bhattarai N. et al. Alginate based nanofibrous scaffolds: Structural, mechanical, and biological properties // *Advanced Materials*. 2006. Vol. 18. № 11. P. 1463–1467.

220. Augst A. D., Kong H. J., Mooney D. J. Alginate hydrogels as biomaterials // *Macromolecular bioscience*. 2006. Vol. 6. № 8. P. 623–633.

221. Усов А. И., Чижив О. С. Химическое исследования водорослей. М.: Знание, 1988. 48 с.

222. Rees D. A. Structure conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and networks // *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. 1969. Vol. 24. P. 267–332.

223. Fisher F. G. Die Polyuronsauren der braunalgen Kolenhydrate der Aigen // Part I. *Z. Physiol. Chem.* 1955. P. 186–203.

224. Haug A., Larsen B. A study on the constitution of alginic acid by partial acid hydrolysis // *Proceedings of the Fifth International Seaweed Symposium, Halifax, August 25–28, 1965*. 1966. P. 271–277.

225. Haug A. et al. Studies on the sequence of uronic acid residues in alginic acid // *Acta Chem Scand.* 1967. Vol. 21. P. 691–704.

226. Haug A. et al. Correlation between chemical structure and physical properties of alginates // *Acta Chem Scand.* 1967. Vol. 21. № 3. P. 768–778.

227. Penman A., Sanderson G. R. A method for the determination of uronic acid sequence in alginates // *Carbohydrate Research*. 1972. Vol. 25. № 2. P. 273–282.

228. Atkins E. D. T., Mackie W., Smolko E. E. Crystalline structures of alginic acids // *Nature*. 1970. Vol. 225. № 5233. P. 626.

229. Morris E. R., Rees D. A., Thom D. Characterization of polysaccharide structure and interactions by circular dichroism: order–disorder transition in the calcium alginate system // *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*. 1973. № 7. P. 245–246.

230. Grant G. T. et al. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: the egg-box model // FEBS letters. 1973. Vol. 32. № 1. P. 195–198.

231. Шматенко О. П. Наукове обґрунтування хімічних методів отримання кальцій-натрію альгінату для потреб військової медицини: автореф. дис ... канд. фармац. наук: 15.00.02. Київ. мед. акад. післядиплом. освіти ім. П. Л. Шупика. К., 2004. 21 с.

232. Пивоваров Є. П. Технологія драглеподібної десертної продукції з використанням систем крохмаль-функціональний полісахарид: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2003. 157 с.

233. [Гринченко Н. Г.](#) Технологія реструктурованих напівфабрикатів на основі рибної сировини: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2005. 20 с.

234. Рябець О. Ю. Технологія аналогу ікри чорної з використанням альгінату натрію: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2008. 19 с.

235. Пестіна Г. О. Технологія реструктурованого напівфабрикату з дині : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2009. 18 с.

236. Пивоварова О. П. Технологія напівфабрикатів реструктурованих на основі печериць: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2009. 20 с.

237. Донская Г. А., Дрожжин В. М., Гривкова А. И. Избирательные сорбенты растительного происхождения для очистки молока от стронция // Молочная промышленность. 1998. № 1. С. 31–32.

238. Papageorgiou S. K. et al. Heavy metal sorption by calcium alginate beads from *Laminaria digitata* // Journal of Hazardous Materials. 2006. Vol. 137. № 3. P. 1765–1772.

239. Deze E. G. et al. Porous alginate aerogel beads for effective and rapid heavy metal sorption from aqueous solutions: Effect of porosity in Cu²⁺ and Cd²⁺ ion sorption // Chemical engineering journal. 2012. Vol. 209. P. 537–546.

240. Mata Y. N. et al. Biosorption of cadmium, lead and copper with calcium alginate xerogels and immobilized *Fucus vesiculosus* // *Journal of Hazardous Materials*. 2009. Vol. 163. № 2–3. P. 555–562.

241. Способ производства творожного продукта: пат. 2213470 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Квасенков О. И., Юшина Е. А.; № 2002107374/13; заявл. 25.03.2002; опубл. 10.10.2003.

242. Способ производства творожного продукта: пат. 2213469 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Запорожский А. А., Квасенков О. И.; № 2002107366/13; заявл. 25.03.2002; опубл. 10.10.2003.

243. Способ производства творожного продукта: пат. 2210238 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Квасенков О. И.; № 2002107368/13; заявл. 25.03.2002; опубл. 20.08.2003.

244. Способ производства творожного продукта: пат. 2210237 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Квасенков О. И., Квасенков И. А.; № 2002107367/13; заявл. 25.03.2002; опубл. 20.08.2003.

245. Способ приготовления молочного желе: пат. 2251288 Россия, МПК⁷ А 23 С 21/08 // Квасенков О. И.; № 2003109184/13; заявл. 01.04.2003; опубл. 10.05.2005.

246. Способ приготовления молочного желе: пат. 2251289 Россия, МПК⁷ А 23 С 21/08 // Квасенков О. И.; № 2003109187/13; заявл. 01.04.2003; опубл. 10.05.2005.

247. Способ приготовления молочного желе: пат. 2251285 Россия, МПК⁷ А 23 С 21/02 // Квасенков О. И.; № 2003109729/13; заявл. 07.04.2003; опубл. 10.05.2005.

248. Способ приготовления молочного желе: пат. 2251286 Россия, МПК⁷ А 23 С 21/08 // Квасенков О. И.; № 2003107890/13; заявл. 24.03.2003; опубл. 10.05.2005.

249. Способ приготовления молочного желе: пат. 2251290 Россия, МПК⁷ А 23 С 21/08 // Квасенков О. И.; № 2003109188/13; заявл. 01.04.2003; опубл. 10.05.2005.

250. Способ приготовления молочного желе: пат. 2251284 Россия, МПК⁷ А 23 С 21/02 // Квасенков О. И.; № 2003109172/13; заявл. 01.04.2003; опубл. 10.05.2005.

251. Способ приготовления молочного желе: пат. 3551287 Россия, МПК⁷ А 23 С 21/08 // Квасенков О. И.; № 2003107905/13; заявл. 24.03.2003; опубл. 10.05.2005.

252. Способ приготовления молочного желе: пат. 2251292 Россия, МПК⁷ А 23 С 21/08 // Квасенков О. И.; № 2003109447/13; заявл. 04.04.2003; опубл. 10.05.2005.

253. Способ приготовления молочного желе: пат. 2260981 Россия, МПК⁷ А 23 С 21/02 // Квасенков О. И.; № 2003109446/13; заявл. 04.04.2003; опубл. 27.09.2005.

254. Морозиво збагачене діабетичне: пат. 70741 Україна, МПК⁷ А 23 G 9/02 // Скорченко Т. А., Федченко Т. Г., Дорохович А. М.; № 20031212473; заявл. 25.12.2003; опубл. 15.10.2004.

255. Gelatin free dairy dessert: Заявка 1369041 ЕПВ МПК⁷ А 23 С 9/54 L 1/035. Молочний десерт, що не містить желатину // Campina B. V., Stenhouwer Floris, Knip Jacob.; № 02077220.8; заявл. 07.06.2002; опубл. 10.12.2003.

256. Stable soft frozen desserts: пат. 6511694 США МПК⁷ А 23 G 9/00. Устойчивые мягкие заморожене десерты // The Pillsbury Co, Huang Victor Tsungmin, Rosenwald Diane Rae, Harcourt Eric David. № 09/828521; заявл. 06.04.2001; опубл. 28.01.2003; НПК 426/565.

257. Стабилизированный молочный продукт, содержащий сок. Stabilized milk product containing juice: пат. 7241467 США, МПК А 23 С 23/00 (2006.01) // Persico, Inc., Ashourian Jamshid, Keeler Laurie J., Smith Durward A.; №10/632053; заявл. 31.07.2003; опубл. 10.07.2007; НПК 426/580.

258. Способ производства десерта: пат. 2313948 Россия, МПК А 23 С 23/00 (2006.01) // Орлов Т. У., Артемова Е. Н., Царева Н. И.; № 2006113294/13; заявл. 19.04.2006; опубл. 10.01.2008.

259. Герасимова В. А., Белокуров Е. С. Использование подслащивающих веществ в производстве пищевых продуктов // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2010. № 2 (12). С. 53–57.

260. Остроумова Т. Л., Строева Е. В. Сахарозаменители для взбитых молочных продуктов // Молочная промышленность. 2005. № 7. С. 48.

261. Кисломолочный десерт: пат. 62306 Украина, МПК⁷ А 23 С 9/13. // Касьянова Н. О., Скорченко Т. А., Трощій М. А.; № 2003031864; заявл. 03.03.2003; опубл. 15.12.2003.

262. Касьянова Н. О., Скорченко Т. А. Кисломолочные десерты с натуральными соками // Молочное дело. 2003. № 8. С. 20–21.

263. Творожный десерт: пат. 2228055 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Артёмов Е. Н., Анпилогова Н. И.; № 2002114398/13; заявл. 31.05.2002; опубл. 10.05.2004.

264. Козлов С. Г., Вожаева Л. И. Многокомпонентные желированные продукты // Молочная промышленность. 2003. № 7. С. 22.

265. Сухая смесь для получения взбитого молочного продукта и способ его производства: пат. 2217977 Россия, МПК⁷ А 23 G 9/00 // Творогова А. А., Борисова О. С., Соловьева Л. Н., Казакова Н. В., Лагуткина И. А.; № 2002107483/13; заявл. 27.03.2002; опубл. 10.12.2003.

266. Meyer D., Bayarri S., Tárrega A., & Costell E. Inulin as texture modifier in dairy products // Food Hydrocolloids, 2011. Vol. 25(8)/ PP. 1881–1890.

267. Замороженный питательный десертный продукт и способ его производства. Nutrition frozen desserts and method of manufacture: пат. 7169416 США, МПК А 23 L 1/303 (2006.01), А 23 L 1/304 (2006.01) // Nutricopia, Inc., Koss Ronald, Koss Arnold.; № 10/152429; заявл. 21.05.2002; опубл. 30.01.2007; НПК 426/72.

268. Способ производства замороженного продукта со взбивной и структурой: пат. 2216990 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Остроумов Л. А., Романцо И. И., Просеков А. Ю.; № 2000125642/13; заявл. 11.10.2000; опубл. 27.11.2003.

269. Способ производства взбивного десерта: пат. 2216984 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Остороумов Л. А., Просеков А. Ю., Атальянс С. Н., Луковникова Е. В., Миненкова О. Е.; № 2000133074/13; заяв. 29.12.2000 опубл. 27.11.2003.

270. Брусенцев А. А. Влияние массовой доли и типа жира на качество мороженого // Молочная промышленность. 2000. № 6. С. 42–43.

271. Романова И. Растительные масла и жиры в производстве мороженого // Империя холода. 2003. С. 33–47.

272. Маюрникова Л. А., Латков Н. Ю. Создание молочных десертов профилактического назначения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2004. № 3. С. 60–62.

273. Латков Н. Ю., Маюрникова Л. А. Применение молочной сыворотки и ягодных пюре для выработки десертов // Продукты питания и рациональное использование ресурсов. 2002. № 5. С. 52.

274. Производство мороженого с растительными жирами // Переработка молока. 2006. № 4. С. 54–55.

275. Голинько О. Н. Кисломолочная продукция: проблемы использования пробиотиков // Продукты & Ингредиенты. 2005. № 8. С. 28–29.

276. Артюхова С. И., Тимошина Н. В., Романенко О. В. Разработка технологий производства синбиотических творожных десертов // Молочные продукты XXI века и технологии их производства: межвузовский сборник научных трудов. Омск. гос. аграр. ун-т. Омск: Изд-во ОмГАУ. 2004. С. 40–42.

277. Гаврилова Н. Б., Голеубекова С. С. Особенность получения творожного десертного продукта // Сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Омского аграрного университета «Перспективы производства продуктов питания нового поколения» (Омск, 9–11 апреля, 2003). Омск: изд-во ОмГАУ, 2003. С. 84–85.

278. Молочный десерт: пат. 2256334 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Австриевских А. Н., Вековцев А. А., Карданова М. М.; № 2003124779/13; заявл. 12.08.2003; опубл. 20.07.2005.

279. Гришина Е. С., Гаврилова Н. Б. Разработка технологии десертного продукта с пробиотическими свойствами // Ползуновский альманах. 2006. № 2. С. 37-45

280. Tomić Tatjana H., Jovanović Snežana T., Maćej Ognjen D. Определение технологических параметров процесса производства мороженого с пробиотиками. Definisane tehnoloških parametara proizvodnje probiotskog sladoleda // Prehramb. ind. 2006. Vol. 17, № 1–2. P. 90–95. – Хорват.

281. Способ получения творожной пасты: пат. 2243674 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Лунёва О. Н., Иванова Т. Н.; № 2003131130/13; заявл. 22.10.2003; опубл. 10.01.2005.

282. Замороженный питательный десерт и способ его производства. Nutrition frozen dessert and methods of manufacture: пат. 7033629 США, МПК⁷ А 23 L 1/302. // Koss Ronald, Koss Arnold.; Nutricopia Inc. № 10/238039; заявл. 29.08.2002; опубл. 25.04.2006. НПК 426.

283. Замороженный десерт и способ его производства. Procédé de fabrication d'un dessert glace ainsi obtenu: заявка 2894774 Франция, МПК⁸ А 23 G 9/42 (2006.01), А 23 С 9/123. // Cie Gervais Danone SA, Rabault Jean Luc, Phifilippe Jean Mars, Flat Benedicte (Cabinet Plasseraud); № 0513082; заявл. 21.12.2005; опубл. 22.06.2007.

284. Замороженный десерт и способ его производства. Procédé de fabrication d'un dessert glace ainsi obtenu: Заявка 2898014 Франция, МПК⁸ А 23 С 9/133. (2006.01). // Cie Gervais Danone SA, Rabault Jean Luc et Phifilippe Jean Mars (Cabinet Plasseraud); № 0601938; заявл. 21.12.2005; опубл. 22.06.2007.

285. Ветров В. М. Технологія молочно-білкових напівфабрикатів зі сколотин для виробництва структурованої десертної продукції: автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.18.16. Донецьк: ДонНУЕТ ім. Туган-Барановського, 2007. 18 с.

286. Самойлов В. А. и др. Суфле молочное // Молочная промышленность. 2004. № 5. С. 30.

287. Григорьева Р. З., Просеков А. Ю., Шур Е. А. Взбитые десерты на основе восстановленных молочных продуктов // Молочная промышленность. 2003. № 2. С. 41–42.

288. Method of manufacturing frozen dairy dessert: пат. 6890576 США, МПК⁷ А 23 G 9/00 // Paget Robert; № 10/168896; заявл. 21.12.2000; опубл. 10.05.2005.

289. Охлажденный готовый десерт и способ его получения. Gekühltes Fertigdessert und Verfahren zu seiner Herstellung: заявка 10346193, Германия, МПК⁷ А 23 С 9/00 // Hubinger Konrad, Humfeld Martin; № 10346193.0 заявл. 29.09.2003; опубл. 04.05.2005. Нем.

290. Способ производства мороженого с определением степени взбитости и установка для его осуществления. Method and apparatus for the production of ice cream, wherein the overrun is measured: заявка 1618794 ЕПВ, МПК⁷ А 23 G 9/20 (2006.01), G 01 R 27/00 // Tekno-Ice S. r. l., Colapicchioni Sergio (Vittorangelli, Lucia et al Jacobacci & Partness S. p. A. Via Senato. 820121 Milano (IT)). № 05425520.3; Заявл. 20.07.2005, опубл. 25.01.2006; приор. 21.07.2004, № MI20041475 (Италия).

291. Никифоров Р. П. Технологія напівфабрикатів для збитої десертної продукції на основі нежирної молочної сировини: автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.18.16. Донецьк: ДонНУЕТ ім. Туган-Барановського, 2009. 19 с.

292. Золотухіна І. В. Технологія напівфабрикатів на основі сколотин для виробництва збитої десертної продукції: автореф. дис ... канд. техн. наук...: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2006. 18 с.

293. Сухая смесь для производства мороженого: пат. 2545947 Россия, МПК⁷ А 23 G 9/00, А 23 G 9/04 // Бобченко В.И., Павлова Ж.П., Текутьева Л.А., Сон О.М., Фищенко Е.С., Пентехина Ю.К.; № 2013157142/13; заявл. 23.12.2013; опубл. 10.04.2015.

294. Гніцевич В. А., Юдіна Т. І., Дейниченко Л. Г. Технологія та біологічна цінність виробів з молочно-білкового концентрату // Товари і ринки. 2017. № 1. С. 139–148

295. Молочно-морквяна запіканка: пат. на корисну модель № 120219 Україна, МПК A23L 9/00 // Гніцевич В. А., Юдіна Т. І., Назаренко І. А., Дейниченко Л. Г.; № u201704223; заявл. 28.04.2017, опубл. 25.10.2017, бюл. № 20/2017. 7 с.

296. Дейниченко Л. Г. Технологія і якість збитих десертів на основі молочно-білкового концентрату // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2018. №24. С. 189–197.

297. Творожный десерт: пат. 2170518 Россия, МПК⁷ А 23 С 23/00 // Дунченко Н.И., Агарков В.А., Микляшевски Петр, Пряничников В.В.; заявл. 02.02.2000; опубл. 20.07.2001.

298. Коновалов К. Л., Шульбаева М. Т., Лосева А. И., Мусина О. Н. Растительные пищевые композиты полифункционального назначения // Пищевая промышленность. 2010. № 7. С. 8–11.

299. Мінорова А. В. Розробка технології молочно-солодового десерту функціонального призначення : автореф. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів. К., 2004. 24 с.

300. Бовкун А. О. Дослідження фізико-хімічних процесів плавлення і розробка технології пастоподібних плавлених сирів з використанням кисломолочного сиру: автореф. дис ... канд. техн. наук. К.: НУХТ, 2004. 20 с.

301. Седо А., Пивоваров П. П., Дейниченко Г. В., Крамаренко Д. П. Оптимізація рецептурного складу молочно-білкового фаршу з використанням йодовмісної добавки // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2009. № 2. С. 250–257.

302. Дейниченко Г. В., Івашина Л. Л., Колісниченко Т. О. Технологія молочно-білкових запіканок з використанням йодовміщуючих водоростевих добавок : монографія. Х.: ХДУХТ, 2011. 17 с.

303. Дідух Н. А. Наукові основи розробки технологій молочних продуктів функціонального призначення : дис. ... докт. техн. наук: 05.18.16. Одеса: ОНАХТ, 2008. 491 с.

304. Bhat Z. F., Bhat H. Milk and Dairy Products as Functional Foods: A Review // *International Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 6, № 1. P. 1–12.

305. Ortiz Y. et al. *Functional Dairy Products // Global Food Security and Wellness*. Springer, New York, NY, 2017. P. 67-103.

306. Yildiz F. *Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products*. CRC press, 2016. 451 p.

307. Granato D. et al. Probiotic dairy products as functional foods // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010. Vol. 9. № 5. P. 455–470.

308. Minelli E. B. et al. Assessment of novel probiotic *Lactobacillus casei* strains for the production of functional dairy foods // *International Dairy Journal*. 2004. Vol. 14. № 8. P. 723–736.

309. Юдіна Т. І. Наукове обґрунтування технологій структурованої кулінарної продукції з використанням концентратів сколотин: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.16. К.: КНТЕУ, 2016. 359 с.

310. Чагаровський О. П., Дідух Н. А., Дідух Г. В. Харчова та біологічна цінність питних молочних напоїв геродієтичного призначення // *Наукові праці ОНАХТ*. 2007. Т. 2, Вип. 31. С. 144–150.

311. Поліщук Г. Є. Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами: дис. ... докт. техн. наук. К.: НУХТ, 2013. 480 с.

312. McMahon D.J. & Oommen B.S. Supramolecular structure of the casein micelle // *Journal of Dairy Science*, 2008. Vol. 91(5). PP. 1709–1721.

313. Назаренко І. В., Чумочова Т. Ю. Особливості виробництва сиркових десертів // *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Миколаїв, 2013. № 76. С. 25–30.

314. Перковец М. В. Молочные продукты с инсулином и олигофруктозой // *Молочная промышленность*. М., 2011. № 11. С. 12–14.

315. Спосіб виробництва біфідовмісного кисломолочного сиру з функціональними властивостями: пат. 36836 Україна, МПК А23С 21/00 // Дідух Н. А.; № 200806680; заявл. 15.05.2008; опубл. 10.11.2008.

316. Мінорова А. В. Розробка технології молочно-солодового десерту функціонального призначення : автореф. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів. К., 2004. 24 с.

317. Пересічний М. І., Пересічна С. М., Розумна М. Н. Мінеральний склад чизкейків з використанням рослинної сировини // Харчова наука і технологія: науково-виробничий журнал. 2014. № 2 (27). С. 6–9.

318. Пересічна С. М., Розумна М. Н. Нутрієнтний склад чизкейків з використанням рослинної сировини // Міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості» 13–17 жовтня 2014 року, К.: НУХТ. С. 636.

319. Лялик А. Т. Розробка та дослідження кисломолочного продукту – сиркова паста з лляною олією під час зберігання // Науковий вісник ЛНУВМБС ім. С. З. Гжицького, 2015. Т. 17. № 1 (61). Ч. 4. С. 55–60.

320. Дуденко Н. В., Павлоцька Л. Ф., Коваленко В. О. Наукові основи технології та системного використання харчових продуктів оздоровчої дії для різних верств населення: монографія. Х.: ХДУХТ, 2015. 274 с.

321. Золовська О. В. Розробка технологій молочно-рослинних десертів профілактичного призначення: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Одеса: ОНАХТ, 2013. 186 с.

322. Закусочні кисломолочні пасти з композиціями прянощів: пат. №103374 UA, МПК А23С 9/13 (2006.01) // Ющенко Н. М., Кузьмик У. Г.; u 2015 06576; заявл. 03.07.2015; опубл. 10.12.2015.

323. Родионова Н. С., Глогалева Л. Э., Смольский Г. М. Разработка технологии быстрозамороженных полуфабрикатов на основе творога с улучшенными потребительскими свойствами // Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Челябинск, 2011. С. 64–66.

324. Вотинцев Ю.°П. Изучение процесса структурообразования творожного десертного продукта (пудинга) // [Вестник Омского государственного аграрного университета](#). 2016. Вып. № 2 (22). С. 212–216.

325. Неповинных Н. В., Птичкина Н. М. Функционально-технологические свойства творожных изделий с тыквенным порошком // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 1. С. 42–43.

326. Третьякова Е. Н., Нечепорук А. Г. Функциональный полуфабрикат из творога с пищевыми волокнами и ягодами черной смородины и клюквы // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. 2016. № 3 (11). С. 62–67.

327. Глаголева Л. Э., Коротких И. В. Растительный комплекс зеленой гречки в технологии производства сырников // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 1 (67). С. 132–136.

328. Спосіб виробництва вареників із молочним сиром та фукусом: пат. 25548 Україна, МПК2006 А21D 13/08 // Корзун В. Н.; Антонюк І. Ю.; Лещенко О. В.; № 2156781232; заяв. 12.04.2007; опубл. 10.08.2007, Бюл. № 12.

329. Способ производства вареников ленивых: пат. 002246843 Россия, С2 МПК А23С23/00 // Полянский К. К.; Глаголева Л. Э.; Смольский Г. М.; № 2246843; заяв. 20.02.2003; опубл. 27.02.2005, Бюл. 11.

330. Кацерикова°Н. В., Солопова А. Н., Липатова Ю. С. Разработка творожных изделий с кунжутом геродиетического направления // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 3 (22).

331. Склад запіканки сирної: пат. 48351 Україна, МПК А23С23/00 // Костельман В. М.; № u200910730; заявл. 23.10.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.

332. Raikos V. Effect of heat treatment on milk protein functionality at emulsion interfaces. A review // Food Hydrocolloids. 2010. Vol. 24. № 4. P. 259–265.

333. Dickinson E. Milk protein interfacial layers and the relationship to emulsion stability and rheology // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2001. Vol. 20. № 3. P. 197–210.

334. Singh H. et al. Interfacial compositions, microstructures and properties of oil-in-water emulsions formed with mixtures of milk proteins and κ -carrageenan: 1. Sodium caseinate // *Food Hydrocolloids*. 2003. Vol. 17. № 4. P. 539–548.

335. Van der Ven C. et al. Emulsion properties of casein and whey protein hydrolysates and the relation with other hydrolysate characteristics // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. Vol. 49. № 10. P. 5005–5012.

336. Lam R. S. H., Nickerson M. T. Food proteins: a review on their emulsifying properties using a structure–function approach // *Food chemistry*. 2013. Vol. 141. № 2. P. 975–984.

337. Гурова Н. В., Кожоев Б. Ш. Экологически безопасные белковые препараты (технологии их получения и применения в продуктах лечебно-профилактического питания) // *Журнал «Инженерная экология»*. 1997. № 6. С. 29–34.

338. Canton M. C., Mulvihill D. M. Functional properties of caseinates chemically modified by reductive alkylation of lysine with reducing sugars // *Proc. Int. Dairy Fed. Symp. Physico-chem. Aspects Dehydr. Protein-rich Milk Prod.*, Denmark. 1983. P. 339.

339. Shirashoji N., Jaeggi J. J., Lucey J. A. Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese // *Journal of dairy science*. 2006. Vol. 89. № 1. P. 15–28.

340. Guzmán-González M., Morais F., Amigo L. Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry dairy products in a low-fat settype yoghurt model system. Use of caseinates, co-precipitate and blended dairy powders // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2000. Vol. 80. № 4. P. 433–438.

341. Jyothi N. V. N. et al. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency // *Journal of microencapsulation*. 2010. Vol. 27. № 3. P. 187–197.

342. Nedovic V. et al. An overview of encapsulation technologies for food applications // *Procedia Food Science*. 2011. Vol. 1. P. 1806–1815.

343. Мельникова Л. А., Зайцева А. Л. Современная стратегия создания конкурентоспособных пищевых продуктов // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2013. № 2. С. 20.

344. Архипов А. Н. Применение структурообразователей в производстве молочных продуктов // *Техника и технология пищевых производств*. 2009. № 4.

345. Мороз О. В., Пивоваров Е. П., Неклеса О. П. Исследование процесса гранулирования с целью создания полуфабриката для сладких блюд // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2013. Т. 25. № 24 (167).

346. Вилесова М. С. и др. Разработка микрокапсулированных и гелеобразных продуктов и материалов для различных отраслей промышленности // *Российский химический журнал*. 2001. № 5–6. С. 125.

347. Валитов Д. А. и др. Структурирование и реологические свойства водных растворов казеината натрия, модифицированного гуматом натрия // *ХАБАРЛАРЫ ИЗВЕСТИЯ*. 2009. С. 6.

348. Вакуленко О. В. и др. Современные тенденции создания специализированных пищевых соусов // *Новые технологии*. 2011. № 3.

349. Донскова Л. А. Концептуальные основы разработки комбинированных мясных продуктов // *Известия Уральского государственного экономического университета*. 2013. № 2 (46).

350. Neklesa O., Korotayeva E., Nagorniy O. Foundation of technology for obtaining encapsulated oils and prescription development of shells on their basis // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 6 (11). С. 9–15.

351. Wang W., Waterhouse G. I. N., Sun-Waterhouse D. Co-extrusion encapsulation of canola oil with alginate: effect of quercetin addition to oil core and pectin addition to alginate shell on oil stability // *Food research international*. 2013. Vol. 54. № 1. С. 837–851.

352. Авдеева О. Ю., Гринченко О. О., Пивоваров Є. П. Характеристика харчової та біологічної цінності капсульної чорної ікри // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. 2007. № 58. С. 280–286.

353. Пивоваров Є., Нагорний О., Неклеса О. Закономірності формування томатних соусів залежно від складу інкапсулянта // Продовольча індустрія АПК. 2014. № 1. С. 33–37.

354. Кондратюк Н. В., Неклеса О. П., Пивоваров Є. П. Наукові аспекти технології солодких страв з капсульованими пробіотичними мікроорганізмами. Монографія. Х.: ХДУХТ, 2015. 139 с.

355. Park H. J. et al. Formulation and in vivo evaluation of probiotics-encapsulated pellets with hydroxypropyl methylcellulose acetate succinate (HPMCAS) // Carbohydrate polymers. 2016. Vol. 136. P. 692–699.

356. Нагорний О.Ю. Технологія сусів томатних капсульованих: автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.18.16. ХДУХТ. Х., 2014. 22 с.

357. Какимова Ж. Х. и др. Капсулирование пробиотиков в гидрофильные полимеры // Биотехнология и общество в XXI веке. 2015. С. 176–179.

358. Климова Е. В. 806.[Влияние добавок лецитина и скорости перемешивания на эффективность капсулирования эмульсии пробиотических бифидобактерий в молочно-белковой матрице.(Чехия)]. Lisova I., Horackova S., Kovacova R., Rada V., Plockova M. Emulsion encapsulation of Bifidobacterium animalis subsp. lactis Bb12 with the addition of lecithin // Czech J. Food Sci. 2013. Vol. 31, № 3. P. 270–274. Англ.-Bibliogr.: p. 273-274. Шифр* <http://www.agriculturejournals.cz/web/cjfs.htm> // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2014. №. 3. С. 806.

359. Петухова Е. В., Крыницкая А. Ю. Перспективность использования микрокапсулированных пробиотических культур в пищевой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 22. С. 257–260.

360. Sathyabama S. et al. Co-encapsulation of probiotics with prebiotics on alginate matrix and its effect on viability in simulated gastric environment // *LWT-Food Science and Technology*. 2014. Vol. 57. № 1. P. 419–425.

361. Haffner F. B., Diab R., Pasc A. Encapsulation of probiotics: insights into academic and industrial approaches // *AIMS Materials Science*. 2016. Vol. 3. № 1. P. 114–136.

362. Tamime A.Y., Thomas L. & Thomas L.V. (Eds.). *Probiotic dairy products* // John Wiley & Sons. 2018. 409 p.

363. Puniya A. K. *Probiotic Dairy Products* // In *Fermented Milk and Dairy Products*. CRC Press, 2015. PP. 550–587.

364. Chen M. J., Chen K. N. Applications of probiotic encapsulation in dairy products // *Encapsulation and controlled release technologies in food systems*. 2007. P. 83-112.

365. Просеков А. Ю., Равнюшкин С. А., Курбанова М. Г. Исследование параметров гидролиза молочно-белкового концентрата для капсулирования продуктов питания // *Техника и технология пищевых производств*. 2009. № 2.

366. Hardas N. et al. Accelerated stability studies of microencapsulated anhydrous milk fat // *LWT-Food Science and Technology*. 2000. Vol. 33. № 7. P. 506–513.

367. Moreau D. L., Rosenberg M. Microstructure and fat extractability in microcapsules based on whey proteins or mixtures of whey proteins and lactose // *Food Structure*. 1993. Vol. 12. № 4. – P. 6.

368. ДСТУ 3662–97. Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлі. К.: Держспоживстандарт України, 1997. 13 с.

369. ДСТУ 7515:2014 Сироватка молочна. Технічні умови. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 14 с.

370. ДСТУ 8131:2015. Вершки сировина. Технічні умови. [замість РСТ УССР 1326-88. Чинний від 01.01.17]. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 13 с.

371. ДСТУ 4492:2005. Олія соняшникова. Технічні умови. [замість ГОСТ 1129 – 93. Чинний від 01.01.07]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 22 с.

372. ДСТУ 3583–97. Сіль кухонна. Загальні технічні умови. К.: Держспоживстандарт України, 1998. 16 с.

373. ДСТУ 4623:2006. Цукор білий. Технічні умови. [замість ГОСТ 21 - 94. Чинний від 29.06.06]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.

374. ДСТУ ГОСТ 908:2006. Кислота лимонна моногідрат харчова. Технічні умови. [Чинний від 26.05.04.]. М.: Стандартиформ, 2007. 24 с.

375. ГОСТ 2874–82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. [Взамен ГОСТ 2874-73–86 Введ. 01.01.85]. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1982. 9 с.

376. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия. [Взамен ГОСТ 6709 - 53 - 86 Введ. 01.01.74]. М.: Стандартиформ, 2007. 11 с.

377. ГОСТ 3622–68. Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовки их к испытанию. [Взамен ГОСТ 3622 - 57 Введ. 30.06.69.]. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1968. 15 с.

378. ГОСТ 26313- 84. Продукты переработки плодов и овощей. Правила приемки, методы отбора проб. [Взамен ГОСТ 8756.0-70 Введ. 30.06.85.]. М.: Стандартиформ, 2010. 8 с.

379. ДСТУ 4834:2007. Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролю. [Взамін ГОСТ 26809–86; Чинний від 10.10.07]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 18 с.

380. ДСТУ ISO 707:2002. Молоко та молочні продукти. Настанови з відбирання проб. [Чинний від 18.09.02]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 40 с.

381. ДСТУ ISO 5538:2004. Молоко та молочні продукти. Методи контролю якісних ознак під час відбирання проб. . [Чинний від 30.11.04]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 22 с.

382. ДСТУ ISO 8197:2004. Молоко та молочні продукти. Відбирання проб. Контроль за кількісними ознаками. [Чинний від 30.11.04]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 11 с.

383. ДСТУ 7670:2014 Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначання вмісту токсичних елементів. [Чинний від 01.07.15]. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 21 с.

384. ГОСТ 26809.1–2014. Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты. [Взамен ГОСТ 26809–86. Введ. 01.01.16]. М.: Стандартиформ, 2014. 9 с.

385. ГОСТ 26809.2–2014. Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Масло из коровьего молока, спреды, сыры и сырные продукты, плавленые сыры и плавленые сырные продукты. [Взамен ГОСТ 26809-86. Введ. 01.01.16]. М.: Стандартиформ, 2014. 13 с.

386. ДСТУ IDF 122С:2003. Молоко і молочні продукти. Підготовка проб і розведень для мікробіологічного дослідження. (пов'язано з міжнародним нормативним документом ДСТУ IDF 122С). К.: Держспоживстандарт України, 2005. 12 с.

387. ГОСТ 3626-73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. [Взамен ГОСТ 3626–47; Введ. 30.06.74]. М.: Изд-во стандартов, 1973. 19 с.

388. ГОСТ 23327–98. Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка. [Взамен ГОСТ 23327–78. Введ 01.01.2000]. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. 7 с.

389. Крусь Г. Н., Шалыгина А. М., Волокитина З. В. Методы исследования молока и молочных продуктов / под общ. редакцией А. М. Шалыгиной. М.: Колос, 2000. 368 с.

390. ГОСТ 5867–90. Молоко и молочные продукты. Метод определения жира. [Взамен ГОСТ 5867 - 69. Введ. 30.06.91]. М.: Изд-во стандартов, 2009. 12 с.

391. ДСТУ ISO 11870:2007. Молоко та молочні продукти. Визначення масової частки жиру. Загальні рекомендації щодо використання методів із застосування жиромірів. [Чинний від 01.01.09]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 12 с.

392. Меркулова Н. Г., Меркулов М. Ю., Меркулов И. О. Производственный контроль в молочной промышленности: практическое руководство. СПб.: Профессия, 2009. 656 с.

393. ISO 13903:2005 Складові кормів для тварин визначення вмісту амінокислот. [Чинний від 02.06.2005]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 22 с.

394. ДСТУ EN 12823-1:2005 Продукти харчові. Визначення вмісту вітаміну А методом рідинної хроматографії високороздільної здатності. Частина 1. Вимірювання аллотранс-ретинолу і 13-цис-ретинолу (EN 12823-1:2000, IDT). [Чинний від 03.03.2005]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.

395. ДСТУ 7803:2015 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання вітаміну С. [Чинний від 01.04.2016]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 24 с.

396. ГОСТ EN 14122-2013 Продукты пищевые. Определение витамина В₁ с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. [Чинний від 01.07.2015]. М.: Стандартиформ, 2015. 24 с.

397. ДСТУ EN 14152:2014 Продукти харчові. Визначення вітаміну В₂ методом високоефективної рідинної хроматографії (EN 14152:2003, IDT). [Чинний від 01.07.2015]. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 22 с.

398. ГОСТ 26781–85. Молоко. Метод измерения рН. [Введ. 01.01.87]. М.: Изд-во стандартов, 2009. 3 с.

399. ГОСТ 3624–92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. [Взамен ГОСТ 3624–67; Введ. 01.01.94]. К. Изд-во стандартов, 1992. 12 с.

400. Lewis M. J. The measurement and significance of ionic calcium in milk – A review // International Journal of Dairy Technology. 2010. Vol. 64. № 1. P. 1–13.

401. ДСТУ 5073:2008. Молоко та вершки. Метод визначення термостійкості за алкогольною пробою. [Чинний від 01.07.09]. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 10 с.

402. Способ определения молекулярно-массовой неоднородности микробных полисахаридов: А.С. № 1451166 СССР, МКИ³ G 12 P 19/00. // Воцелко С. К., Пирог Г. П., Малашенко Ю. Р. и др. (СССР); №4129904; заявл. 16.09.89; опубл. 15.01.89.

403. Захарова И. Я., Косенко Л. В. Методы изучения микробных полисахаридов: навч. посібн. Київ.: Наукова думка, 1982. 262 с.

404. Хобза П., Заградник Р. Межмолекулярные комплексы: учебн. пособие. М.: Мир, 1989. 376 с.

405. Гурова Н. В. Разработка методов оценки эмульсионных свойств белков и их применение в пищевых технологиях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Москва, 1991. 24 с.

406. Гурова Н. В., Токаев Э. С., Гуров А. Н., Толстогузов В. Б. Концентрационная зависимость точки инверсии фаз как характеристика эмульгирующих свойств белков. 1. «Нормативные кривые» // Труды Всесоюзн. семинара по коллоидной химии и физико-химической механике пищевых и биоактивных дисперсных систем. Москва: Наука, 1989–1990 С. 109–122.

407. Авраменко В. Н., Ельсон Н. П., Заика А. Инфракрасные спектры пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1974. 174с.

408. Погожих Н. И. Вода в пищевых продуктах и для пищевых продуктов. Х.: ХДУХТ, 2013. 177 с.

409. Хамагаева И. С., Васильева Р. А., Лев Г. Б. Лабораторный практикум по технологии молока и молочных продуктов. Улан-Удэ: ВСГТУ, 2000. 79 с.

410. Покровский А. А., Ертанов И. П. Атакуемость белков протеолитическими ферментами: Вопросы питания. 1965. (№ 3). С. 38–45.

411. Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: навчальний посібник. Харків: ХДУХТ, 2006. 63 с.

412. ГОСТ 10444.15–94. Продукты пищевые. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. [Взамен ГОСТ 10444.18–75; Введ. 01.01.96]. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; К.: Госстандарт России, 1996. 11 с.

413. ГОСТ 10444.2–94. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества. [Взамен ГОСТ 10444.2–75; Введ. 01.01.96]. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Стандартиформ, 1995. 18 с.

414. ГОСТ 30347–2016. Молоко и молочная продукция. Методы определения *Staphylococcus aureus*. [Взамен ГОСТ 30347–97; Введ. 01.09.17]. М. Изд-во стандартов, 2016. 12 с.

415. ДСТУ IDF 93А. Молоко і молочні продукти. Визначення *Salmonella*. [Чинний від 01.01.05]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 20 с.

416. ГОСТ 10444.12–2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Метод выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. [Взамен ГОСТ 10444.12–88; Введ. 01.01.15]. М.: Стандартиформ, 2014. 9 с.

417. ДСТУ ISO 4831:2006. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови щодо підрахування кількості коліформних мікроорганізмів. Методика найвірогіднішої кількості. [Чинний від 09.06.06]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 16 с.

418. ДСТУ IDF 73А Молоко і молочні продукти. Підрахунок кількості коліформ. Метод підрахунку колоній і метод визначення найімовірнішого числа за температури 30°C. [Чинний від 01.01.05]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 18 с.

419. ДСТУ ISO 11290-1:2003 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*. Частина 1. Метод виявлення. [Чинний від 01.10.04]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 22 с.

420. ДСТУ ISO 11290-2:2003 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*. Частина 1. Метод виявлення. [Чинний від 01.10.04]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 20 с.

421. ГОСТ 10444.11–2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов. [Взамен ГОСТ 10444.11–89. Введ. 01.01.15]. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.

422. ГОСТ 30178–96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. [Введ. 01.01.98]. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.

423. ГОСТ 26927–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути. [Взамен в части п. 3.8 ГОСТ 7636 – 85. Введ. 01.12.86]. М.: Изд-во стандартов, 1986. 15 с.

424. ГОСТ 26930–6. Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка. [Введ. 1987-01-01.] М.: Изд-во стандартов, 1986. 7 с.

425. ГОСТ 26931–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения меди. [Взамен ГОСТ 5512 – 50 в части разд. 5 (кроме пп.21 – 23), 6 в части методов определения мышьяка. Введ. 01.12.86]. М.: Изд-во стандартов, 1986. 14 с.

426. ГОСТ 26932–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения свинца. [Взамен ГОСТ 5370–58 части метода определения свинца Введ. 01.12.86]. М.: Изд-во стандартов, 1986. 9 с.

427. ГОСТ 26933–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения кадмия. [Введ. 01.12.86]. М.: Изд-во стандартов, 1986. 9 с.

428. ГОСТ 26934–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка. [Взамен ГОСТ 5370–58 в части метода определения свинца. Введ. 25.06.86]. М.: Изд-во стандартов, 1986. 8 с.

429. Державні санітарні норми та правила «Медичні вимоги до якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сировини» : затверджено наказом МОЗ України № 1140 від 29.12.2012 р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0088-13> (дата звернення 11.07.2018 р.).

430. Державні гігієнічні правила і норми «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» : затверджено наказом МОЗ України 13.05.2013 № 368. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13>.

431. Мікробіологічні критерії для встановлення показників безпечності харчових продуктів : затверджено наказом МОЗ України від 19.07.2012 р. № 548. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1321-12> (дата звернення 11.07.2018 р.).

432. Державні санітарні правила та норми ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000 «Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті» : затверджено Постановою МОЗ України №137 від від 20.09.2001 р. URL: <http://ukraine.uapravo.net/data/akt9/page1.htm> (дата звернення 11.07.2018 р.).

433. Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів 137-Cs і 90-Sr у продуктах харчування і питній воді» : затверджено наказом МОЗ України №256 від 03.05.2006 р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06> (дата звернення 11.07.2018 р.).

434. Харчові добавки. Номенклатура та загальні вимоги: ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2009/ [введ. 01.07.2015]. К.: Укрдержспоживстандарт України, 2009. 246 с.

435. МУК 4.2.1847-04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методологические указания. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 31с.

436. ДСТУ ISO 6658:2005. Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови. (ISO 6658:1985, IDT). [Чинний від 01.07.06]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 26 с.

437. Касилова Л. А., Крутовой Ж. А., Цовма Л.П. Основы стандартизации и контроля качества продукции общественного питания: учебн. пособие. Харьков: ХГУПТ, 1992. С. 8–9.

438. Методика разработки рецептур на новые и фирменные блюда (изделия) на предприятиях общественного питания. Москва: ВНИИОП, 1991. 19 с.

439. ДСТУ 3946–2000. Продукція харчова. Основні положення. [Чинний від 28.02.2000]. Київ: Держспоживстандарт України. 2000. – 6 с.

440. 73. ДСТУ-Н 1.3:2015. Технічні умови України. Настанови щодо розробляння. [на заміну ДСТУ 1.3:2004]. К.: ДП «Укрметртестстандарт». 2015. 36 с.

441. СОУ 10-37-345:2013. Харчова промисловість. Технологічна інструкція та рецептура. Порядок розроблення, узгодження, затвердження. Вимоги до змісту та оформлення. Київ: Мінагрополітики, 2014. 43 с.

442. Сафонова О.Н., Перцевой Ф.В., Гринченко О.А. и др. Системные исследования технологий переработки продуктов питания. Харьков: ХГУПТ, 2000. 199 с.

443. Ратушный А. С., Плеханова Г. В., Топольник В. Г. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания: Метод. указания. Москва: Рос. экон. Академия, 1993. 176 с.

444. Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебн. пособие. Москва: Юрайт, 2011. 399 с.

445. Грачев Ю. П., Пласкин Ю. М. Математические методы планирования экспериментов: монография. Москва: ДеЛи принт, 2005. 200 с.

446. Методика визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво. Спільний наказ Міністерства економіки України та Міністерства фінансів України від 25.09.01 № 218/446 «Про затвердження Методики визначення ефективності витрат на

наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво». URL: <http://3umf.com/doc/5201> (дата звернення 15.08.2018 р.).

447. Методичні рекомендації з комерціалізації розробок, створених в результаті науково-технічної діяльності : затверджено Наказом Державного комітету України з питань науки, інновації та інформатизації 13.09.2010 № 18. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN58763.html (дата звернення 15.08.2018 р.).

448. Карпов В. А., Корольова Т.°С., Підгорний А. З. Методика оцінки ефективності науково-дослідних робіт. Одеса: ОДЕУ, Ротапринт, 2005. 19 с.

449. Tsenkova R., Atanassova S., Itoh K., Ozaki Y., & Toyoda K. Near infrared spectroscopy for biomonitoring: Cow milk composition measurement in a spectral region from 1,100 to 2,400 nanometers // Journal of animal science, 2000. Vol. 78(3). P. 515–522.

450. Ahmad S. et al. Effects of acidification on physico-chemical characteristics of buffalo milk: A comparison with cow's milk // Food Chemistry. 2008. Vol. 106. № 1. P. 11–17.

451. Ye A. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: principles and applications—a review // International journal of food science & technology. 2008. Vol. 43. № 3. P. 406–415.

452. Martin C. R. Review of infant feeding: key features of breast milk and infant formula // Nutrients. 2016. Vol. 8. № 5. P. 279.

453. Шатнюк Л. Н. и др. Обогащение молочных продуктов: научное обоснование, нормативная база, практические решения // Молочная промышленность. 2010. № 10. С. 34–39.

454. Tromp R. H. Et al. On the mechanism of stabilisation of acidified milk drinks by pectin // Food Hydrocolloids. 2004. Vol. 18. № 4. P. 565–572.

455. Livney Y. D. Milk proteins as vehicles for bioactives // Current Opinion in Colloid & Interface Science. 2010. Vol. 15. № 1. P. 73–83.

456. Голинько О. Н. Кисломолочная продукция: проблемы использования пробиотиков // Продукты & Ингредиенты. 2005. № 8. С. 28–29.

457. Смирнова Е. А., Кочеткова А. А. Рынок функциональных молочных продуктов // Молочная промышленность. 2011. № 2. С. 63–67.
458. Cassandro M. et al. Genetic aspects of milk coagulation properties in dairy cattle // Poljoprivreda. 2007. Vol. 13. № 1. P. 30–34.
459. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. М.: Наука, 1977. Т. 5.
460. де Гроот С. Р. Термодинамика необратимых процессов. Рипол Классик, 2013.
461. Гиббс Д. Термодинамические работы. Рипол Классик, 2013.
462. N. Grynchenko 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.
463. Стан та перспективи розвитку ринку харчових інгредієнтів України /О. О. Гринченко, М. О. Янчева, Н. Г. Гринченко, Р. В. Плотнікова // Продукты & Ингредиенты. 2013. № 3 (100). С. 10–12.
464. Актуальні проблеми використання мікроінгредієнтів в технології харчової продукції / О. О. Гринченко, М. О. Янчева, Н. Г. Гринченко, Б. Б. Ботштейн, О. П. Неклеса, Р. В. Плотнікова, Л. В. Кричківська // Химия, био- и нанотехнологии, экология и экономика в пищевой и косметической промышленности: Сборник материалов I Международной научно-практической конференции, 10-13 июня, 2013 г. Х., 2013. С. 256-261.
465. Хобза П., Заградник Р. Межмолекулярные комплексы: Роль ван-дер-ваальсовых систем в физической химии и биодисциплинах: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 376 с.
466. Кяйвярйянен А. И. Динамическое поведение белков в водной среде и их функции. Л.: Наука: Ленингр. отд-ние, 1980. 271 с.
467. Мищенко К. П., Полторацкий Г. М. Термодинамика и строение водных и неводных растворов электролитов. Изд. 2-е, пер. и доп. Л.: Химия, 1976. 328 с.
468. Гринченко Н. Г. Перспективні напрямки регулювання функціонально-технологічних властивостей молока / Н. Г. Гринченко,

Д. О. Тютюкова // Удосконалення процесів і обладнання – запорука інноваційного розвитку харчової промисловості : Міжнар. наук.-практ. конф., 8-10 листопада 2016 р. : [програма і матеріали]. / Нац. ун-т харч. технологій. К.: НУХТ, 2016. С. 64–65.

469. 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. / [редкол. : О. І. Черевко (відпов. ред.) та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2017. Вип. 1 (25). С. 103–117.

470. Плотнікова Р. В. Дослідження закономірностей сорбції іонів кальцію із розчинів кальцієвмісних солей у рамках отримання молока з регульованим сольовим складом / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2009. Вип. 2 (10). С. 58–63.

471. Study of Influence of Technological Factors on the Sorption of Ionized Calcium From Skimmed Milk by Sodium Alginate / R. Plotnikova, N. Grynchenko, P. Pivovarov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. № 5/11 (83). P.32–39.

472. Гринченко Н. Г. Исследование сорбционной способности альгината натрия с целью регулирования состава солевой системы молока обезжиренного / Н. Г. Гринченко, Р. В. Плотникова // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. 2014. Volume 2, № 5. P. 32–35.

473. Плотникова Р. В. Исследование структурно-механических свойств гелей на основе альгината натрия / Р. В. Плотникова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров // Актуальные проблемы экономики, менеджмента, маркетинга : Междунар. науч.-практ. конф. (Белгород, 17–19 ноября 2009 г. [материалы] : в 2 ч. / отв. Ред. Г. И. Ткаченко. Белгород: Изд-во БелГУ, 2009. Ч. 1. С. 250–253.

474. Теоретичні та практичні передумови регулювання складу сольової системи молочної сировини / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, О. В. Мороз, П. П. Пивоваров // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2013. № 4/10 (64). С. 47–53.

475. The Study of Sorption of the Milk Ionized Calcium by Sodium Alginate / R. Plotnikova, N. Grynchenko, P. Pyvovarov // Eureka : Life sciences. 2016. №. 4 (4). P. 45–48.

476. Гринченко Н. Г. Регулювання технологічних властивостей молока шляхом використання сорбентів на основі альгінату натрію / Н. Г. Гринченко, Р. В. Плотнікова // Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства : I Міжнар. наук.-практ. конф., присвячена 35-річчю технологічного факультету, 23–24 квітня 2009 р. [тези] / Полт. ун-т споживчої кооперації. Полтава, 2009. С. 20–22.

477. Гринченко Н. Г. Використання декальцинованого молока в технології десертної продукції / Н. Г. Гринченко, Р. В. Плотнікова // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 76-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студ. 12-13 квітня 2010 р. : [Програма і матеріали] / Нац. ун-т харч. техн. Київ, 2010. Ч. 1. С. 97–98.

478. Плотнікова Р. В. Підвищення термостабільності молока шляхом регулювання його сольового складу / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2010. Вип. 2 (12). С. 94–99.

479. Плотнікова Р. В. Вплив декальцинування молочної сировини на середній діаметр часток казеїну та термостійкість молока / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко // Молодь Європи в соціально-економічних процесах XXI століття : міжнар. наук.-практ. конф. студентів, магістрантів, аспірантів, молодих учених. – Харків, 22 квітня 2010 р. : [тези] / Харків: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, Харк. торг.-екон. ін-т КНТЕУ, 2010. С. 167.

480. 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: П'ята Міжнар. наук.-практ. конф., 7–8 листопада 2016 р.: [програма і матеріали] / Нац. ун-т харч. технологій. К.: НУХТ, 2016. С. 95–96.

481. Гринченко Н. Г. Исследование органолептических и функционально-технологических свойств гранулированных продуктов на основе альгината кальция / Н. Г. Гринченко, Р. В. Плотникова, Д. А. Тютюкова // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: III Международная научно-практическая конференция, Минск, 23–24 марта 2017 г. : [материалы] / под общ. ред. В. Я. Груданова. Минск: БГАТУ, 2017. С. 387–389.

482. Гринченко Н. Г. Дослідження фізико-хімічних властивостей гранульованої продукції як джерела альгілату кальцію та розробка рекомендацій з його використання / Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова, С. С. Блищик, О. О. Гринченко // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 50-річчю заснування Харківського державного університету харчування та торгівлі, 18 травня 2017 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 17–18.

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

484. Плотнікова Р. В. Обґрунтування рецептурного складу напівфабрикатів для десертної продукції на основі молочної та плодово-ягідної сировини / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров // Прогресивна

техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнародна науково-практична конференція, 19 листопада 2013 р. : [присвячена 75-річчю з дня народження ректора університету (1988-1991 рр.), доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ Беляєва Михайла Івановича : тези у 2 ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.] ; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Х.: ХДУХТ. 2013. Ч. 1. С. 103–104.

485. N. Grynchenko 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.

486. Плотнікова Р. В. Перспективи використання демінералізованої вторинної молочної сировини в технології десертної продукції / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко // Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування [Текст]: всеукр. наук.-практ. конф., присвячена 20-річчю з дня заснування товарознавчого факультету, 21-22 жовтня 2009 р. : [тези] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2009. С. 318–320.

487. Плотнікова Р. В. Використання харчових добавок в технології десертної продукції на основі молочної сировини / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко // Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини : IV Міжнар. міжгалузева наук.-практ. конф., 7–9 квітня 2011 р. : [матеріали] / Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. Донецьк, 2011. С. 260–261.

488. Гринченко Н. Г. Технологія напівфабрикатів для солодких страв на основі молочної та плодово-ягідної сировини / Н. Г. Гринченко, Р. В. Плотнікова, П. П. Пивоваров // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнародна науково-практична конференція, 19 травня 2011 р. : [тези доповідей] / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, ХДУХТ, 2011. С. 26.

489. Плотнікова Р. В. Обґрунтування технологічних параметрів отримання напівфабрикатів десертної продукції на основі молочної та плодово-ягідної сировини / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 45-річчю ХДУХТ, 18 жовтня 2012 р. : [тези доповідей] / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, ХДУХТ. 2012. Ч. 1. С. 80–81.

490. Плотнікова Р. В. Наукові та практичні основи виробництва десертної продукції на основі молочної та плодово-ягідної сировини : монографія / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко. Х. : ХДУХТ, 2015. 111с.

491. Tyutyukova Daria, Listopad Anna, Grynchenko Natalia, Botshtein Bella // Technological aspects of manufacturing fermented dairy cheese and cheese-based semi-finished products // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky, Slovakia, Vol. 5, No. 4. 2017. P. 125–128.

492. N. Grynchenko, D. Tyutyukova, P. Pyvovarov, O. Nagorny 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.

493. N. Grynchenko, D. Tyutyukova, P. Pyvovarov, O. Nagorny Development of a Model of Technological System of Semi-Finished Products With Emulsion Paste Structure // Eureka : Life sciences. 2018. №. 2 (14). P.19–27.

494. 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. / [редкол. : О. І. Черевко (відпов. ред.) та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2018. Вип. 1 (27). С. 31–43.

495. Гринченко Н. Г. Дослідження дисперсності сиру кисломолочного нежирного у взаємозв'язку з вмістом кальцію у вихідній сировині /

Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова, П. П. Пивоваров // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: друга міжнар. наук.-практ. конф. 5–7 вересня 2017 р.: [матеріали] / під заг. ред. Г. В. Дейниченка. Харків–Мелітополь–Кирилівка : ХДУХТ, 2017. С. 237–238.

496. Гринченко Н. Г. Дослідження структурно-механічних показників сиру кисломолочного, одержаного шляхом керованої коагуляції білків молока / Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : Міжнар. наук.-практ. конф., 19 травня 2016 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.] / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х. : ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 36–37.

497. Гринченко Н. Г. Перспективні напрями розширення асортименту кулінарної продукції з сиру кисломолочного / Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : Міжнар. наук.-практ. конф., 14 травня 2015 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2015. Ч. 1. С. 11–12.

498. Гринченко Н. Г. Технологічні аспекти виробництва сиру кисломолочного з регульованими функціонально-технологічними властивостями / Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : Міжнар. наук.-практ. конф., 8–11 вересня 2015 р. : [тези] / редкол.: В. М. Кюрчев, О. І. Черевко [та ін.]: Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х. : ХДУХТ, 2015. С. 243–244.

499. Тютюкова Д. О. Розробка технології виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного нежирного для кулінарної та кондитерської продукції / Д. О. Тютюкова, Н. Г. Гринченко, А. С. Булгакова, Н. О. Гонтар // «Modern methods, innovation, and experience of practical application in the field of technical science»: International research and practice conference, december 27–28, 2017: Conference Proceedings, Radom: Izdevnieciba «Baltija Publishing». Pp. 184–187.

500. Наукові основи виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного для ресторанної індустрії : монографія / Д. О. Тютюкова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко, О. Ю. Рябець, Р. В. Плотнікова. Х. : ФОП Іванченко, 2018. 110 с.

501. Тютюкова Д.О. Технологія напівфабрикатів з сиру кисломолочного на основі молока з регульованим складом сольової системи : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2018. 200 с

502. Пивоваров Є. П. Наукове обґрунтування технології структурованих харчової продукції методом іонотропного гелеутворення: дис. ... докт. техн. наук 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2014. 383 с.

503. N. Grynchenko, P. Pyvovarov, O. Nagorny 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.

504. Гринченко Н. Г Вплив технологічних чинників на рівновагу міцелярного та йонного кальцію в сироватці / Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова, А. П. Листопад // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 50-річчю заснування Харківського державного університету харчування та торгівлі, 18 травня 2017 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 65–66.

505. Пестіна Г. О. Технологія реструктурованого напівфабрикату з дині : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Х.: ХДУХТ, 2009. 295 с.

506. Draget K. I., Taylor C. Chemical, physical and biological properties of alginates and their biomedical implications // Food Hydrocolloids. 2011. Vol. 25. № 2. P. 251–256.

507.. Augst A. D., Kong H. J., Mooney D. J. Alginate hydrogels as biomaterials // Macromolecular bioscience. 2006. Vol. 6. № 8. P. 623–633.

508. Гринченко Н. Г., Пивоваров П. П. Технологія продукту капсульованого на основі сироватки молочної // Вчені записки Таврійського

національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2018. Том 29 (68). №3. С. 143–149.

509. Гринченко Н. Г. Перспективи використання сироватки в технології капсульованої продукції / Н. Г. Гринченко, А. П. Листопад, С. С. Блищик // The development of technical sciences: problems and solutions: The international research and practical conference, april 27–28, 2018: Brno: Baltija Publishing. Pp. 22–25.

510. N. Grynchenko, P. Ryvovarov, O. Nagorni Development of Technological Decisionson Production of Capsulated Products Basedon Dairy Raw Materials // Eureka : Life sciences. 2018. №. 3 (15) P. 18–24.

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

512. Пивоваров П. П. Сучасні підходи до виробництва м'якого морозива у закладах ресторанного господарства / П. П. Пивоваров, Н. Г. Гринченко, Р. В. Плотнікова // Торгівля та готельно-ресторанний бізнес: інноваційний розвиток в умовах глобалізації: Всеукраїнська науково-практична конференція, присвячена 90-річчю з дня народження ректора університету (1967 – 1988 рр.), кандидата економічних наук, професора, заслуженого діяча вищої школи Української РСР Бережного Івана Григоровича, 20 квітня 2012 р. : [тези доповідей] / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2012. С. 231–232.

513. Плотнікова Р. В. Технологія напівфабрикатів десертної продукції на основі молочної сировини з регульованим сольовим складом з використанням стабілізаційних систем / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві : Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 14-16

листопада 2012 р. : [тези доповідей] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.] ; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2012. С. 17–18.

514. N. Grynchenko, D. Tyutyukova, P. Pyvovarov 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.

515. N. Grynchenko, D. Tyutyukova, P. Pyvovarov Study of influence of calcium content in milk on quality indicators of cottage cheese // Eureka: Life sciences. 2017. №. 6 (12). P. 22–28.

516. 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 : науковий журнал / Чернігів. нац. технол. ун-т. Чернігів : ЧТНТУ, 2018. №2 (12). С. 204–215.

517. Гринченко Н. Г. Розробка блок-схеми з контролю показників якості та безпечності сиру кисломолочного / Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова // Химия, био- и нанотехнологии, экология и экономика в пищевой и косметической промышленности : III Междунар. науч.-практ. конф., 15–16 октября 2015 г. : [материалы] / НТУ «ХПИ». Х. НТУ «ХПИ», 2015. С. 230–232.

518. Тютюкова Д. О. Використання імітаторів жиру в технології харчової продукції / Д. О. Тютюкова, Н. Г. Гринченко, О. О. Гринченко // Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини : VII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 30-31 травня 2016 р. : [матеріали] / Донец. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д. О., 2016. С. 115.

519. Гринченко Н. Г. Сучасні тенденції в технології кулінарної продукції на основі сиру кисломолочного / Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова, А. П. Листопад // Актуальні проблеми розвитку ресторанного, готельного та туристичного бізнесу в умовах світової інтеграції: досягнення та перспективи:

Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю заснування Харківського державного університету харчування та торгівлі й 10-річчю запровадження в Україні спеціальності «Готельно- ресторанна справа», 21 вересня 2017 р. : [тези] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. Харків: ХДУХТ, 2017. С. 99–103.

520. Спосіб отримання капсульованого м'якого сиру / Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров : пат. 117548 Україна ; заявл. 14.07.2017; опубл. 10.08.18, Бюл. № 15. 12 с. 521. Спосіб комплексної переробки молока у капсулу та харчовий капсульований продукт / П. П. Пивоваров, Н. Г. Гринченко : пат. 117549 Україна ; заявл. 14.07.2017; опубл. 10.08.18, Бюл. № 15. 10 с.

521. Харчовий капсульований продукт / П. П. Пивоваров, Н. Г. Гринченко : пат. 121329 Україна ; заявл. 14.07.2017; опубл. 27.11.17, Бюл. № 22. 10 с.

522. Спосіб комплексної переробки молока у харчовий капсульований продукт / П. П. Пивоваров, Н. Г. Гринченко : пат. 121330 Україна ; заявл. 14.07.2017; опубл. 27.11.17, Бюл. № 22. 10 с.

523. Капсульований м'який сир / П. П. Пивоваров, Н. Г. Гринченко : пат. 121331 Україна ; заявл. 14.07.2017; опубл. 27.11.17, Бюл. № 22. 11 с.

524. Спосіб отримання капсульованих м'яких сирів / П. П. Пивоваров, Н. Г. Гринченко : пат. 121332 Україна ; заявл. 14.07.2017; опубл. 27.11.17, Бюл. № 22. 11 с.

525. Капсула для м'якого сиру / П. П. Пивоваров, Н. Г. Гринченко : пат. 122220 Україна ; заявл. 14.07.2017; опубл. 26.12.17, Бюл. № 24. 10 с.

526. Гранулированный продукт и способ его получения / Р. В. Плотникова, Н. Г. Гринченко, О. В. Мороз, Е. П. Пивоваров: пат. 2543148 Российская Федерация ; заявл. 21.08.2012 ; опубл. 27.02.15, Бюл. № 6. 6 с.

527. Гранульований продукт та спосіб його одержання / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, О. В. Мороз, Є. П. Пивоваров : пат. 102341 Україна ; заявл. 15.06.2012; опубл. 25.06.13, Бюл. № 12. 6 с

528. Чорна М. В., Глухова С.В. Оцінка ефективності інноваційної діяльності підприємства: монографія. Х.: ХДУХТ, 2012. 250 с.

529. Verbeke A., Tung V. The future of stakeholder management theory: A temporal perspective // *Journal of Business Ethics*. 2013. Vol. 112. № 3. P. 529–543.

530. Post J. E., Preston L. E., Sachs S. *Redefining the Corporation: Stakeholder Management and Organizational Wealth*. Stanford University Press, 2002. P. 5–27.

531. Чорна М. В., Безгінова Л. І., Дядін А. С. Оцінка ефективності підприємницької діяльності в роздрібній торгівлі: монографія. Х.: Видавництво «Лідер», 2018. 218 с.