

УДК 544.022.822:637.344.002.64

**Гринченко Н.Г.**

Харківський державний університет харчування та торгівлі

**Пивоваров П.П.**

Харківський державний університет харчування та торгівлі

**Ботштейн Б.Б.**

Харківський державний університет харчування та торгівлі

## ТЕХНОЛОГІЯ ПРОДУКТУ КАПСУЛЬОВАНОГО НА ОСНОВІ СИРОВАТКИ МОЛОЧНОЇ

*Доведено перспективність розробки технології продукту капсульованого на основі сироватки молочної. Висвітлено проблемні питання переробки сироватки, сучасний рівень її використання в технології харчової продукції. На підставі експериментальних досліджень і технологічних відпрацювань визначено раціональні параметри одержання нової продукції. Розроблено структуру технологічної системи виробництва продукту капсульованого на основі сироватки молочної, визначено мету функціонування її підсистем. Розроблено технологічний процес виробництва продукту капсульованого, внутрішнім вмістом якого є сироватка молочна, а оболонкоутворювачем – іонотропний полісахарид (альгінат натрію).*

**Ключові слова:** технологія, сироватка молочна, капсулювання, іонний кальцій, альгінат натрію, інкапсулянт.

**Постановка проблеми.** Харчова промисловість є важливою складовою частиною аграрного сектору економіки України, яка відіграє провідну роль у забезпеченні населення харчовими продуктами в асортименті й обсягах, достатніх для формування збалансованого харчового раціону. Не є винятком і молочна промисловість, стратегічними завданнями розвитку якої є посилення інноваційної діяльності, розробка та запровадження інноваційних і ресурсозберігаючих технологій, систем управління якістю (ISO 9001), безпечністю (ISO 22000), екологічного менеджменту (ISO 14000), підвищення конкурентоспроможності продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках.

З огляду на зазначене особливої актуальності набуває розробка технології продукту капсульованого на основі сироватки молочної (далі – ПКСМ), яка, як вторинна сировина, накопичується у великих обсягах під час виробництва білкових продуктів. Згідно зі статистичними даними, за останні роки на підприємствах України одержано 3 230 тис. тонн молочної сироватки, з них 504 тис. тонн (15,6%) перероблено та реалізовано у вигляді сухої сироватки, 216 тис. тонн (6,7%) реалізовано у рідкому вигляді, а 2 510 тис. тонн (77,7%)

потрапило до стічних вод [1, с. 23]. Тож залучення молочної сироватки до технологічного процесу виробництва капсульованої продукції в межах реалізації міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес» дозволить підприємствам молочної промисловості одержати суттєву економію матеріальних ресурсів, підвищити рівень замкненості виробничо-ресурсних циклів у галузі, мінімізувати забруднення навколишнього природного середовища; для ресторанного бізнесу – одержати продукцію з новими споживними властивостями (харчовою цінністю, смаковими властивостями, ціновою доступністю, строками зберігання) для широких верств населення України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під час виробництва сиру, казеїну або білкових концентратів відбувається поділ молока на білково-жирові або білкові концентрати й безказеїнову фазу – сироватку молочну [2, с. 105]. Склад останньої зумовлений видом основного продукту і технологією його одержання. Вихід сироватки молочної становить 70...80% від кількості переробленого молока. Її обмежене застосування в харчовій промисловості пояснюється невисокими

органолептичними показниками (кислий смак і зеленувато-жовтий колір); низька ціна призводить до викидів сироватки в каналізацію.

Біологічна цінність сироватки молочної визначається вмістом у ній білкових азотистих речовин, які переважно представлені лактоальбуїнами (0,4...0,5%), лактоглобуїнами (0,06...0,08%), протеозо-пептонною фракцією (0,06...0,18%), а також вуглеводами (3,2...5,1%), ліпідами (0,05...0,4%), мінеральними солями (0,5...0,8%), вітамінами, органічними кислотами, ферментами [3, с. 23–24]. Регулярне вживання сироватки молочної сприяє покращенню роботи нирок та нормалізації функції печінки людини, стимулює діяльність кишечника, зменшення запальних процесів в організмі. Енергетична цінність (близько 20 ккал на 100 г) сироватки молочної, одержаної під час виробництва сиру кисломолочного, в 3,5 разів менша, ніж у нормалізованому молоці, що дозволяє розглядати її як біологічно цінний продукт із дієтичними властивостями [4].

В Україні за останні роки асортимент продукції з використанням сироватки молочної дещо виріс. На підприємствах харчової промисловості виробляються сироватка згущена, концентрована, суха, напої на основі сироватки молочної, альбумінове молоко й альбуміновий сир кисломолочний, молочний цукор, спирт із сироватки молочної, а на його основі – винні напої [5, с. 81].

У роботах [6, с. 15; 7, с. 328] висвітлено сучасний стан використання сироватки молочної в технології харчової продукції. Найбільш перспективним є модернізація виробництва із залучення до технологічних процесів сучасного обладнання і технологій обробки сировини. Так, мембранні установки та ферментативний гідроліз лактози дають можливість одержувати різні види згущеної або сухої демінералізованої сироватки та її похідних. Встановлено, що найбільш сучасними методами переробки сироватки молочної є комбіновані схеми з використанням мембранних технологій, ферментативної обробки компонентів, а також сушіння концентрованих проміжних продуктів. Завдяки цим технологіям одержують різні види сироватки, ізоляти сироваткових білків (далі – ІСБ), концентрати сироваткових білків (далі – КСБ), молочний цукор, лактозу та інші компоненти.

Відомий спосіб одержання сухого білково-рослинного напівфабрикату [8, с. 2] з молочної сироватки багатofункціонального призначення, що містить молочну сироватку, стабілізатор – гуарову камедь – і рослинну сировину – кропиву та спориш. Така технологія дозволяє розширити асортимент

страв закладів ресторанного господарства, підвищити їх харчову та біологічну цінність, раціонально використовувати есенціальні складові компоненти молока, сприяє впровадженню мало-відходних ресурсозберігаючих технологій у молокопереробній промисловості.

Авторами [9, с. 2] розроблено нові технологічні рішення щодо створення збитого десерту на основі сироватки молочної, що включає харчові волокна Citri-Fi. Із метою зниження калорійності десерту замість сахарози використовується фруктоза. Виробництво десертів на основі вторинної молочної сировини дозволяє знизити їх собівартість і збільшити кількість сироватки, що переробляється на харчові цілі.

Частково проблема переробки сироватки молочної вирішується за рахунок випуску напоїв на її основі [10, с. 322; 11, с. 37]. Сьогодні в Україні в цьому сегменті переробляється близько 1,5% сироватки від загального її об'єму.

Відомий спосіб переробки сироватки з одержанням імітаторів жиру [12, с. 54]. Розроблено технологію виробництва мікропартикуляту концентрованих сироваткових білків термостійким способом з метою його використання в технології харчової продукції. Такий підхід дозволяє розширити асортимент продукції зниженої калорійності, підвищити її харчову та біологічну цінність, зменшити собівартість і забезпечити екологічну чистоту виробництва.

Окрім молочної промисловості, сироватка молочної широко використовується в інших галузях харчової промисловості. Вченими [13, с. 47] досліджено процес одержання мікрокапсул на основі низькометоксильованих пектинів із яблук, цитрусових із концентратом білків молочної сироватки. Мікрокапсули одержують методом двостадійного формування емульсії масло : вода за присутності іонів натрію. Такий продукт, одержаний із харчових біополімерів (білки та полісахариди), має широку область застосування в харчових, фармацевтичних і профілактичних продуктах.

Узагальнюючи наведені дані, слід зазначити, що більшість наявних технологій переробки сироватки молочної не можуть бути покращені на макрорівні, оскільки досягли природної межі удосконалення. У зв'язку з цим доцільним є використання технологічних властивостей речовин, що входять до складу сироватки, зокрема кальцію, який перебуває в іонному стані. Одним із таких шляхів, що дозволить розширити асортимент та одержати продукти з новими споживчими властивостями, є використання сироватки молочної як

Раціональні параметри одержання ПКСМ

Найменування параметра	Одиниці вимірювання	Межові значення
Концентрація іонів кальцію в інкапсулянті	мг%	$\geq 20,0$
Масова частка сироватки в інкапсулянті	%	$\geq 50$
Концентрація розчину AlgNa	%	1,0...2,0
Тривалість капсулювання	с	$(1,5...5,0) \times 60$
Співвідношення оболонка : інкапсулянт	–	$(10...30) : (70...90)$
Масова частка солі кухонної у розсолі	%	3,0...3,5
Тривалість посолу	с	$(1,0...1,5) \times 602$
Температура пастеризації	°C	80...85
Тривалість пастеризації	с	$(15...20) 60$

основної сировини для виробництва капсульованих продуктів на її основі.

**Постановка завдання.** Метою досліджень, які викладено в нашій статті, є розробка технології продукту капсульованого на основі сироватки молочної. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– визначити раціональні параметри технологічного процесу виробництва ПКСМ;

– розробити структуру технологічної системи виробництва ПКСМ та визначити мету функціонування її підсистем;

– розробити технологічну схему виробництва ПКСМ.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

Аналіз фізико-хімічних основ капсулювання та сучасний рівень наукових досліджень за цим напрямом [14, с. 47] дозволяє прогнозувати доцільність використання сироватки молочної як джерела іонного кальцію. Для створення капсул перспективним є використання альгінату натрію як плівкоутворюючої речовини, яка за рахунок перебігу іонообмінної реакції утворює міцні еластичні гелі з низькою хімічною активністю та розчинністю у воді, що є передумовою для утворення оболонки капсули.

В основі процесу капсулювання, а саме закінчення речовин в оболонку, що виконує функцію роз'єднання часточок одна від одної й ізольовання їх від зовнішнього середовища, лежать процеси фазового роз'єднання рідина – рідина, реакції зшивання полімерів, поліконденсації та полімеризації на межі поділу фаз. Наслідком зазначених процесів є формування капсул, що є двофазними системами і складаються з оболонки (переважно твердої чи желеподібної) та внутрішнього вмісту, який може перебувати у будь-якому агрегатному стані [15, с. 51–52].

Узагальнення експериментальних даних з обґрунтування технологічних параметрів одержання

ПКСМ, комплексне дослідження формування його органолептичних, фізико-хімічних і структурно-механічних показників у технологічному потоці стали підґрунтям розробки моделі технологічної системи виробництва ПКСМ та визначення раціональних параметрів його одержання (табл. 1).

Відповідно до інноваційного задуму нової продукції, здійснено технологічні відпрацювання, спрямовані на обґрунтування рецептурного складу ПКСМ та технологічних параметрів його виробництва, що стало передумовою розробки структури технологічної системи виробництва ПКСМ (рис. 1).

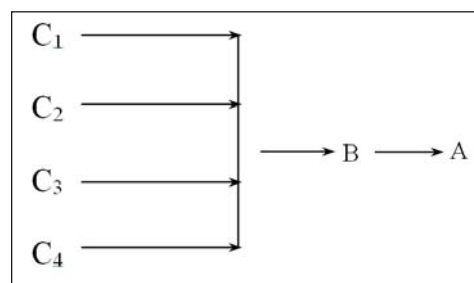


Рис. 1. Структура технологічної системи виробництва ПКСМ ( $C_1, C_2, C_3, C_4, B, A$  – підсистеми)

Технологію виробництва нової продукції представлено як цілісну систему, в межах якої виділено підсистеми – ( $C_1 - C_4$ ),  $B, A$ , – функціонування яких спрямовано на одержання кінцевого результату функціонування – одержання ПКСМ. Мету функціонування окремих підсистем у межах технологічної системи виробництва ПКСМ наведено в табл. 2.

Технологічну схему виробництва ПКСМ наведено на рис. 2.

У межах підсистеми  $C_1$  здійснюються технологічні операції, які спрямовано на одержання структурної основи – сирно-сироваткової суміші,

Структура технологічної системи та мета функціонування її підсистем

Позначення підсистеми	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
A	ПКСМ	Утворення ПКСМ
B	Капсули у розсолі пастеризовані	Одержання капсул на основі сироватки молочної й альгінату натрію шляхом послідовної реалізації технологічних операцій, формування структури нової продукції, забезпечення показників якості та безпечності протягом визначеного строку зберігання
C1	Напівфабрикат «Сирно-сироваткова суміш»	Утворення проміжного напівфабрикату, який, з одного боку, є джерелом іонного кальцію, а з іншого, – структурною основою нової продукції та визначає її харчову і біологічну цінність
C2	Напівфабрикат «Суміш суха»	Утворення проміжного напівфабрикату суміші сухих інгредієнтів, що забезпечують можливість регулювання текстурних характеристик нової продукції
C3	Напівфабрикат «Розчин AlgNa»	Утворення розчину альгінату натрію, який виконує роль оболонкоутворювача в технологічному процесі
C4	Напівфабрикат «Розсіл для посолу капсул»	Утворення розсолу, використання якого забезпечує корегування органолептичних і структурно-механічних характеристик ПКСМ

шляхом проціджування сироватки та перемішування з напівфабрикатом із сиру кисломолочного до рівномірного розподілу компонентів. Використання напівфабрикату з сиру кисломолочного дозволяє регулювати харчову та біологічну цінність готової продукції. Головною функцією сироватки у цьому технологічному процесі (окрім формування харчової цінності) є збагачення суміші для капсулювання на іонний кальцій, що є умовою реалізації процесу капсулювання. Оскільки рН сироватки молочної знаходиться в інтервалі 4,3...4,5, то більшість солей кальцію дисоціюють з утворенням певної кількості іонного кальцію (близько 70...80 мг%), що є достатньою для перебігу реакції іонообміну з утворенням іонотропного гелю (оболонки капсули).

Функціонування підсистеми  $C_2$  спрямовано на одержання н/ф «Суміш суха» шляхом перемішування окремих сухих компонентів до рівномірного їх розподілу. Слід зазначити, що введення визначених рецептурних компонентів (крохмаль модифікований, камідь ксантанова, каррагінан) дозволяє повною мірою скорегувати структурно-механічні показники як рецептурної суміші для капсулювання, так і капсульованого напівфабрикату, а також готової продукції. Зокрема, введення ксантанової камеді дозволяє регулювати в'язкість суміші для капсулювання, що дає можливість одержання капсульованої продукції з розмірними характеристиками 0,5...2,5 мм. Функціонально-технологічні властивості крохмалю модифікованого реалізуються на етапі здійснення пастеризації напівфабрикатів капсульованих. За рахунок

клейстеризації відбувається формування текстурних властивостей внутрішнього вмісту капсули. Введення карагінану до складу рецептурних компонентів зумовлено його властивістю під час охолодження (після проведення пастеризації) утворювати гелеподібну текстуру з характерним «сколом», що у поєднанні з крохмалем модифікованим дозволяє створити унікальну консистенцію капсульованої продукції.

У межах підсистеми  $C_3$  здійснюються технологічні операції, які спрямовано на одержання н/ф «Розчин AlgNa» (оболонкоутворювач) шляхом диспергування наважки AlgNa у воді питній підготовленій за температури 78...80°C упродовж (3...4)-60 с із подальшим витриманням протягом 24-60<sup>2</sup>с.

У межах підсистеми  $B$  здійснюються технологічні операції, спрямовані на одержання капсул і їх пастеризації у розсолі. Підготовлену суміш піддають капсулюванню шляхом дозування дози-краплі сироваточної суміші в отриманий розчин оболонкоутворювача (альгінату натрію), внаслідок чого одержують капсули з термостабільною полісахаридною оболонкою. Капсулоутворення відбувається за рахунок протікання реакції іонообміну між іонами  $Na^+$ , джерелом яких є розчин оболонкоутворювача, та іонами  $Ca^{2+}$ , які достатньою мірою знаходяться у сирно-сироваткової суміші, що піддають капсулюванню. Одержані капсули промивають проточною водою, розфасовують у тару та заливають розсолем із подальшою пастеризацією за температури 80...85°C протягом 20...25 хв, що забезпечує формування органолеп-

тичних і структурно-механічних показників капсульованої продукції, а також забезпечує мікробіологічну стабільність впродовж зберігання.

Підсистему А спрямовано на одержання ПКСМ. У межах підсистеми здійснюється маркування продукції, зберігання та її реалізація.

Поряд із розробкою технологічної схеми виробництва ПКСМ та її апробацією у вироб-

ничих умовах здійснено комплексну оцінку показників якості та безпечності нової продукції. Експертами підтверджено високі органолептичні властивості (під час дегустації новий продукт набрав максимальну кількість балів) ПКСМ. Це свідчить про те, що технологія є перспективною і потребує подальшого розвитку й упровадження.

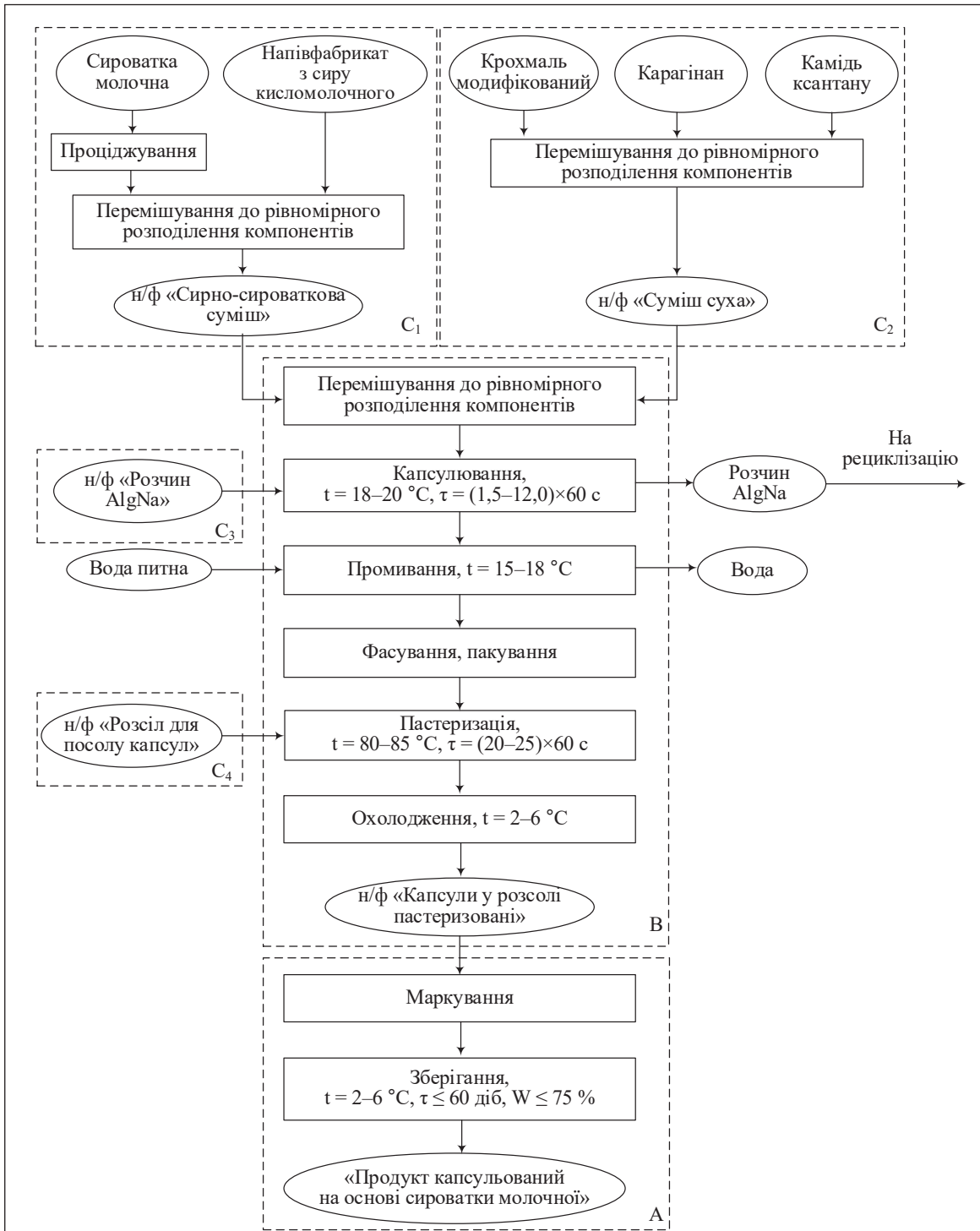


Рис. 2. Технологічна схема виробництва ПКСМ

### Висновки.

1. Доведено перспективність розробки технології ПКСМ, реалізація якої дозволить підприємствам молочної промисловості одержати суттєву економію матеріальних ресурсів, підвищити рівень замкненості виробничо-ресурсних циклів у галузі, мінімізувати забруднення навколишнього природного середовища; закладам ресторанного бізнесу – одержати продукцію з новими споживними властивостями (харчовою цінністю, смаковими властивостями, ціною доступністю, строками зберігання) для широких верств населення України.

2. Визначено раціональні параметри одержання продукту капсульованого на основі сироватки молочної, доведено, що мінімальна концентрація іонів кальцію в інкапсулянті для процесу

капсулювання складає 20 мг%, тобто масова частка сироватки в інкапсулянті має складати не менше 50%, а тривалість капсулювання складає  $(1,0 \dots 5,0) \times 60$  с.

3. На підставі узагальнення результатів аналітичних та експериментальних досліджень розроблено структуру технологічної системи та визначено мету функціонування її підсистем. Доведено, що функціонування системи в цілому забезпечується функціонуванням окремих її складових частин відповідно до мети.

4. Розроблено технологічну схему виробництва ПКСМ – капсул у розсолі, пастеризованих, внутрішнім вмістом яких є сироватка молочна з додаванням додаткових рецептурних компонентів. Оболонку капсули сформовано на основі іонотропного полісахариду альгінату натрію.

### Список літератури:

1. Пастернак Н. Экспортні потоки молочної продукції, або Куди течуть молочні ріки? Молочна промисловість. 2007. № 1. С. 16–20.
2. Кузнецов В.В., Шилер Г.Г. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 3. Сыры. СПб: ГИОРД, 2003. 467 с.
3. Храмов А. Г. Феномен молочной сыворотки: монография. СПб: Профессия. 2011. 804 с.
4. Користь молочної сироватки для організму. URL: <http://diagnoz.net.ua/diagnoz/10043-korist-molochnoyi-sirovatki-dlya-organizmu.html>.
5. Мусійчук О. Перспективи використання продуктів переробки молочної сироватки. Товари і ринки. 2008. № 1. С. 78–83.
6. Tolkach A., Kulozik U. Fractionation of whey proteins and caseinomacropeptide by means of enzymatic crosslinking and membrane separation techniques. Journal of Food Engineering. 2005. Т. 67. № 1–2. С. 13–20.
7. Atra R., Vatai G., Bekassy-Molnar E., Balint A. Investigation of ultra- and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. Journal of food engineering. 2005. Т. 67. № 3. С. 325–332.
8. Сухий білково-рослинний напівфабрикат з молочної сироватки багатофункціонального призначення: патент на корисну модель № 51867, Україна, МПК А 23 G 9/00 // Коршунова Г.Ф., Гніцевич В.А., Федотова Н.А.; у 2012107483/13; заявл. 27.03.2012; опубл. 10 грудня 2013 р.
9. Плеханова Е.А., Банникова А.В., Шестопалова Н.Е., Птичкина Н.М. Взбитый десерт на основе молочной сыворотки с пищевыми волокнами CITRI-FI. Техника и технология пищевых производств. 2014. № 1. С. 73–76.
10. Djurić M., Carić M., Milanović S., Tekić M., Panić M. Development of whey-based beverages. European Food Research and Technology. 2004. Т. 219. № 4. С. 321–328.
11. Мельникова Е.И., Богданова Е.В., Фисенко М.О., Коренман Я.И., Нифталиев С.И. Новые модифицированные формы творожной сыворотки в технологии напитков. Пищевая технология. 2014. № 4. С. 37–39.
12. Дідух Г.В. Отримання мікропартикуляту з концентрату білків молочної сироватки. Харчова наука і технологія. 2015. № 2. С. 52–56.
13. Шамсара О., Мухидинов З.К., Бобкалонов Д.Т., Усманова С.Р., Лиу Л.Ш. Микрокапсулы на основе низкометиловых пектинов и концентрата белков молочной сыворотки. Переработка молока. 2014. Т. 57. № 1. С. 44–49.
14. Рябець О.Ю. та ін. Наукові принципи технології аналогів ікри: монографія. Харків: ХДУХТ, 2010. 164 с.
15. Пивоваров П.П. Звіт з науково-дослідної роботи № 24-08-10 Б (0107U010129) «Наукові основи технології реструктурованої продукції, одержаної шляхом іонотропного гелеутворення». Х.: ХДУХТ, 2010. 186 с.

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТА КАПСУЛИРОВАННОГО НА ОСНОВЕ СЫВОРОТКИ МОЛОЧНОЙ**

*Доказана перспективность разработки технологии продукта капсулированного на основе сыворотки молочной. Освещены проблемные вопросы по переработке сыворотки, современный уровень ее использования в технологии пищевой продукции. На основании экспериментальных исследований и технологических отработок определены рациональные параметры получения новой продукции. Разработана структура технологической системы производства продукта капсулированного на основе сыворотки молочной, определены цели функционирования ее подсистем. Разработан технологический процесс производства продукта капсулированного, внутренним содержанием которого является сыворотка молочная. Оболочка сформирована на основе ионотропного полисахарида (альгината натрия).*

**Ключевые слова:** технология, сыворотка молочная, капсулирование, ионный кальций, альгинат натрия, инкапсулянт.

### **TECHNOLOGY OF THE PRODUCT ENCAPSULATED ON THE BASIS OF THE MILK WHEY**

*The prospects of development of the technology of encapsulated products based on milk whey are proved. The problem issues concerning the processing of whey and, the modern level of its use in food technology are highlighted. Based on the results of analytical and experimental studies, technological outsourcing the rational parameters of obtaining a new product is substantiated. The structure of the technological system is developed and the purpose of the functioning of its subsystems is determined. A technological process for the production of a capsular; which internal content is milk whey, is developed, and the capsule shell is formed on the basis of ionotropic polysaccharide (sodium alginate).*

**Key words:** technology, milk whey, encapsulation, ionic calcium, sodium alginate, encapsulant.