МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський державний університет харчування
та торгівлі

# НАУКОВІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ З СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО ДЛЯ РЕСТОРАННОЇ ІНДУСТРІЇ

Монографія

Харків

2018

УДК 001.891.55:[637.146.3.002.62:640.432]
ББК 36.955
Н 34

Авторський колектив:
Д. О. Тютюкова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко,
О. Ю. Рябець, Р. В. Плотнікова

Рецензенти:
д-р техн. наук, проф. Харківського державного університету
харчування та торгівлі А. Б. Горальчук,
канд. техн. наук, проф. Харківського національного технічного університету
сільського господарства ім. П. Василенка П. В. Гурський

Рекомендовано до видання вченою радою ХДУХТ, протокол № 14 від
06.07.2018 р.

**Наукові** основи виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного для
Н 34 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.

ISBN 978-966-405-462-8

У монографії наведено науково обґрунтовану технологію напівфабрикатів з сиру кисломолочного на основі молока знежиреного з регульованим складом сольової системи. Установлено закономірності впливу складу сольової системи молока на формування органолептичних, фізичних, фізико-хімічних і структурно-механічних показників сиру кисломолочного. Науково обґрунтовано та розроблено технологію напівфабрикатів з сиру кисломолочного, визначено їх харчову та біологічну цінність, визначено умови та терміни зберігання. Розроблено рекомендації з використання напівфабрикатів з сиру кисломолочного у складі кулінарної та кондитерської продукції.

Монографія може бути корисна для наукових працівників, аспірантів, студентів, які навчаються за спеціальністю «Технологія харчування», а також працівників закладів ресторанного господарства та харчової промисловості.

УДК 001.891.55:[637.146.3.002.62:640.432]
ББК 36.955

©Тютюкова Д. О., Гринченко Н. Г.,
Пивоваров П. П., Гринченко О. О.,
Рябець О. Ю., Плотнікова Р. В., 2018
© Харківський державний університет
харчування та торгівлі, 2018

ISBN 978-966-405-462-8

**ЗМІСТ**

ПЕРЕДМОВА 5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ З СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО 7
1.1. Наукові та практичні основи стійкості харчових дисперсних систем, вплив складу сольової системи на коагуляцію білків молока 7
1.2. Аналіз способів виробництва сиру кисломолочного, що на сьогодні існують, та шляхи їх удосконалення 17
1.3. Інновації в технології виробництва напівфабрикатів та кулінарної продукції з сиру кисломолочного 21
РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ З СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО 28
2.1. Експертна оцінка сиру кисломолочного як передумова розробки інноваційного задуму напівфабрикатів на його основі 28
2.2. Дослідження складу та властивостей молока знежиреного декальцифікованого як технологічної системи для виробництва сиру кисломолочного 35
2.3. Визначення раціональних параметрів одержання напівфабрикатів з сиру кисломолочного 40
2.3.1. Дослідження впливу ступеня декальцифікації молока знежиреного на органолептичні, фізичні, фізико-хімічні та технологічні властивості сиру кисломолочного 40
2.3.2. Дослідження впливу ступеня декальцифікації молока знежиреного на структурно-механічні показники та форми зв’язку води сиру кисломолочного 52
2.3.3. Дослідження емульгуючої ємності сирно-молочних сумішей та стійкості емульсійних систем на їх основі 57
2.4. Розробка моделі технологічної системи виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного 64
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ З СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО 68
3.1. Дослідження впливу технологічних чинників на структурно-механічні та технологічні властивості напівфабрикатів з сиру кисломолочного 68
3.2. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного 74
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ З СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО, РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ КУЛІНАРНОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ 78
4.1. Дослідження показників якості та безпечності напівфабрикатів з сиру кисломолочного 78

4.2. Обґрунтування умов та строків зберігання напівфабрикатів з сиру кисломолочного 87
4.3. Розробка рекомендацій з використання напівфабрикатів з сиру кисломолочного в технології кулінарної та кондитерської продукції 91
ВИСНОВКИ 96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 97

# ПЕРЕДМОВА

У сучасних умовах однією зі складових сталого розвитку нашої держави є забезпечення її економічної та продовольчої безпеки, що визначається фізичним доступом населення до продовольчих ресурсів, гарантією високої якості та безпечності харчової продукції. Вирішення цього завдання лежить у площині розробки та запровадження ресурсозбережних технологій, які полягають у імпортозаміщенні, раціональному використанні сировинних ресурсів, створенні продукції з новими споживними властивостями.

Важливою складовою харчового раціону людини є сир кисломолочний і кулінарна продукція на його основі. Останнім часом у технології вищезазначеної продукції запроваджено низку новацій, спрямованих на збагачення її дієтичними добавками й меншою мірою – на регулювання технологічних властивостей сиру кисломолочного як сировини для виробництва кулінарної продукції. Щодо останнього, то їх упровадження здебільшого має за мету усунення вад та обмежень, які виникають під час виробництва сиру кисломолочного з молока знежиреного (синерезис, крихка консистенція, нетривалий строк зберігання), й не передбачають комплексної реалізації технологічних властивостей молока як сировини.

Розуміння того, що сир кисломолочний (як харчова продукція) є білковим коагулятом (як колоїдна система), на формування властивостей якого впливають ферменти, кислоти, солі, температура, дозволило ранжувати визначені чинники та виявити найбільш вагомий – склад сольової системи (ССС) молока. У роботах А. Тьопела, О.П. Чагаровського, Г.В. Дейниченка, Т.І. Юдіної, П.Ф. Д'яченка, С.В. Гунькова, D. Curley, V.A. Mittal, M.J. Lewis, Esther J.P. de Kort висвітлено наукові та практичні основи регулювання властивостей білків молока у взаємозв'язку зі складом його сольової системи. Згідно із сучасними уявленнями про механізм коагуляції білків молока, поряд з іншими чинниками, важливу роль відіграє кальцій, який, зв'язуючи вільні ОН-групи фосфорної кислоти казеїнових міцел, впливає на колоїдну стабільність молока як технологічної системи. З одного боку, цей процес є позитивним, оскільки саме за його перебігу формується білковий згусток, а з іншого, – негативним, бо за надмірного вмісту кальцію утворюється крихка неоднорідна консистенція.

Регулювання складу сольової системи молока як вихідної сировини 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. Повсякденною діяльністю закладів ресторанного господарства доведено доцільність вирішення цього завдання шляхом створення напівфабрикатів з сиру кисломолочного.

Водночас виявлено, що системні дослідження, спрямовані на одержання напівфабрикатів з сиру кисломолочного на основі молока знежиреного з регульованим складом сольової системи, відсутні, не розроблено технологію та

не визначено основні технологічні параметри їх одержання, відсутні рекомендації з їх використання в складі кулінарної та кондитерської продукції.

Вищезазначене свідчить про актуальність наукового обґрунтування та розробки технології напівфабрикатів з сиру кисломолочного на основі молока знежиреного з регульованим складом сольової системи. Упровадження нової технології в межах міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес» дозволить підвищити ефективність технологічних процесів, вивести на ринок напівфабрикати багатофункціонального призначення з високою харчовою та біологічною цінністю, тривалим строком зберігання, розширити асортимент і покращити забезпечення населення України високоякісною кулінарною продукцією.

# РОЗДІЛ 1
# АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ З СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО

## 1.1. Наукові та практичні основи стійкості харчових дисперсних систем, вплив складу сольової системи на коагуляцію білків молока

Розвиток нових та вдосконалення існуючих технологій харчової продукції, що мають за мету раціональне використання сировини, інтенсифікацію технологічних процесів, забезпечення її якості та безпечності, ґрунтуються на фундаментальних знаннях науки та техніки. Різноманіття харчової сировини, готової харчової продукції та технологічних процесів її виробництва визначають необхідність розгляду харчових систем як об'єктів технології з урахуванням того, що між технологічними процесами існує багато спільного як за однотипністю властивостей систем, так і за характером технологічних впливів. Більшість харчової продукції – це дисперсні системи, що складаються з двох або більше фаз, які в технологічному потоці здатні самочинно або під дією технологічних чинників узаємодіяти або не взаємодіяти одна з одною, що визначає умови та закономірності їх одержання.

Наукові основи стійкості дисперсних систем висвітлено в роботах E. Dickinson [1], D. S. Horne [2], D. G. Dalgleish [3], П. О. Ребіндера [4], Б. В. Дерягина [5], професора Е. А. Щукіна [6] та представників їх шкіл, прикладні дослідження набули розвитку в роботах Урьєва Н. Б. [7; 8], М. А. Талейсніка [9], З. С. Гуляєва-Зайцева [10], К. К. Горбатової [11], А. В. Зубченко [12], П. П. Пивоварова [13], О. О. Гринченко [14], Горальчука А. Б. [15] та ін.

Для вивчення та описання термодинамічно нестабільного стану харчових дисперсних систем використовують основні теоретичні положення стійкості дисперсних систем, які знайшли розвиток у фізичній та колоїдній хімії. У зв'язку з тим, що створення нової харчової продукції разом з іншими завданнями вимагає забезпечення стабільності її властивостей у технологічному потоці, вважали за необхідне висвітлити наукові та практичні основи стійкості дисперсних систем.

Дисперсні системи складаються з дисперсійного середовища та дисперсних фаз (одна чи більше), розміри частинок яких коливаються в широких межах. За кінетичними властивостями фази розрізняють некогерентні (вільнодисперсні) та когерентні (зв'язанодисперсні) системи, які відрізняються рухливістю частинок дисперсної фази відносно до дисперсійного середовища [16–18]. Відповідно до [16; 18–21] 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 частинки високо- та колоїдно-дисперсних систем унаслідок малих розмірів частинок і наявної поверхневої енергії мають надлишок вільної енергії. Оскільки всі процеси, що протікають мимовільно, супроводжуються втратою енергії, можна очікувати, що в дисперсних системах буде відбуватися укрупнення частинок, тобто зменшення загальної поверхні, і як наслідок, зменшення вільної поверхневої енергії. Стабільність природних дисперсних систем засновано на існуванні енергетичного бар'єра між дисперсними частинками, виникнення якого можливе за різних умов: однойменного електричного заряду поверхні частинок, що викликає електростатичне відштовхування частинок, які зближуються; наявності амфіфільного поверхневого шару як проміжної фази між дисперсною фазою та дисперсійним середовищем; просторового обмеження.

Згідно з [22] 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 щодо 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 приводить до утворення агрегатів, у результаті відбувається укрупнення частинок, структура дисперсної фази змінюється, агрегати набувають властивості осаджуватися чи спливати.

У роботах [23; 24] зазначено, що чинники агрегативної стійкості дисперсних систем поділяються на термодинамічні та кінетичні. До перших належать такі: 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 під час утворення на поверхні частинок захисних шарів (плівок), які мають пружність та механічну міцність; гідродинамічний – викликаний 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. Якщо теплова енергія менша ніж енергетичний бар'єр (енергія відштовхування), агрегації не відбувається. Коли ж частинки стикаються й починають діяти сили тяжіння

Ван-дер-Ваальса, відбувається агрегація з утворенням більших за розміром частинок. Відповідно до [22] розрізняють три типи агрегації:

– флокуляція – агрегація дисперсних частинок зі збереженням їх індивідуальних структур;

– утворення кластерів – агрегатів дисперсних частинок із більшою силою зчеплення;

– агломерація – утворення агломератів (грудочок, гранул, пластівців), які здатні до коалесценції (агрегація дисперсних частинок, що супроводжується втратою індивідуальних структур та утворенням нових, більших за розміром 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. Так, сире молоко є флокуляційно-нестабільною, проте коалесцентно-стабільною системою до тих пір, поки внаслідок зовнішнього впливу не відбудеться зниження енергетичного бар'єра між дисперсними частинками чи пошкодження захисної оболонки емульгованих жирових кульок; знежирене ж молоко в природних умовах є флокуляційно-стабільною дисперсією.

Коалесцентно-стабільні дисперсні системи відрізняються від коалесцентно-нестабільних також тим, що для руйнування структури чи редиспергування необхідно відносні невеликі витрати енергії [25; 26].

Молоко – це складна поліфазна дисперсна система, до складу якої входять жирові глобули, міцели казеїну, колоїдні солі фосфату кальцію, лактоза в істинному розчині, водорозчинні вітаміни, небілкові азотисті та низькомолекулярні сполуки [11; 21; 27]. Дисперсні фази молока знаходяться в іонно-молекулярному стані (фаза істинного розчину) у вигляді колоїдних (колоїдна фаза) та грубодисперсних частинок різної величини (фаза емульсії) [28]. Дестабілізація однієї фази може відбитися на стані іншої, жодну дисперсну фазу неможливо роздивлятися окремо від інших. За колоїдним станом молоко – природна емульсія, яка складається з диспергованих жирових кульок та молочної плазми як дисперсійного середовища. У свою чергу, молочна плазма є колоїдним розчином молочного білка та колоїдного фосфату кальцію у водному розчині істинно розчинних складових частин молока.

Колоїдно-дисперсні частинки молока характеризується різними розмірами та структурою, вони можуть бути як органічними, так і неорганічними. Неорганічні колоїдні частинки складаються найчастіше з асоційованих іонів і виникають у перенасичених розчинах; неорганічні колоїди представлені переважно гідрофосфатом кальцію, фосфатом кальцію, цитратом кальцію, які знаходяться в 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 тощо.

У колоїдно-дисперсному стані в молоці знаходяться сироваткові білки, казеїн та більшість фосфатів кальцію. Сироваткові білки молока представлено окремими макромолекулами, а також дімерами та полімерами [11; 21; 29].

За внутрішньою будовою розрізняють дисперсійні, міцелярні, молекулярні колоїди та макромолекулярні асоціації [11, 21, 30]. Органічні колоїдно-дисперсні частинки молока належать до молекулярних колоїдів та макромолекулярних асоціацій, низькомолекулярні органічні речовини в певних розчинах чи певній концентрації утворюють молекулярні сполуки, у яких окремі молекули утворюють агрегати, яким притаманні колоїдні властивості. Казеїнові міцели та субміцели належать до макромолекулярних асоціатів; вони не є міцелами з точки зору колоїдної хімії, й тому не утворюють міцелярні колоїди. Оскільки вони складаються з низькомолекулярних речовин, вони не змінюють ступінь дисперсності з підвищенням концентрації. Мономерні компоненти казеїну асоційовані в субміцели внаслідок гідрофобної та слабкої електростатичної взаємодій, а також утворення фосфат-кальцієвих містків, що залежить від температури та концентрації іонів кальцію ($Ca^{2+}$).

На підставі аналізу результатів багаторічних досліджень запропоновано загальноприйняту на сьогодні номенклатуру білків молока [29–31]. Коли pH сирого молока доводять до 4,6 за температури 20°C близько 78…85% його білків від загального їх вмісту випадає в осад. Ця основна фракція є фракцією казеїну, вміст якої коливається за різними джерелами [11; 21; 29–31], у межах 78…85%. Залишаються в розчині так звані сироваткові білки, на частку яких припадає 15…20%. Казеїн і сироваткові білки не є гомогенними, а складаються з різних фракцій, які можна розділити за електрофоретичною рухливістю та розчинністю в різних речовинах й за різної температури.

Із молочних білків найбільший інтерес викликають казеїни. Вони є головним компонентом білків молока, які становлять основну частину сухої речовини в таких продуктах, як сир, сухе молоко та молочні білкові концентрати. Вміст казеїну в молоці становить 2,6…3,2%, а це 78…82% від загальної кількості молочних білків [21]. Казеїн у молоці міститься у вигляді мономерів (так званий розчинний казеїн) та полімерів (субміцелярний та міцелярний казеїн). Колоїдний фосфат кальцію малорозчинний у воді, у молоці утворює типову нестабільну колоїдну систему з гідрофобною дисперсною фазою. Його розчинність підвищується під впливом казеїну (явище колоїдного захисту), разом з яким він входить до складу міцел [32].

Розуміння процесів, які відбуваються під час переробки молока, неможливе без визначення ролі кальцію та фосфору як його складових. Кальцій у казеїнових міцелах міститься у двох формах: органічний кальцій, який приєднаний до фосфатних і карбоксильних груп казеїну, та неорганічний кальцій, який входить до складу колоїдного фосфату та цитрату кальцію. За даними [33], вміст кальцію в 1 л молока коливається від 1,20 до 1,25 г. До 22% кальцію молока пов’язані з казеїном, решту становлять солі-фосфати, цитрати та ін. Тому зміна вмісту кальцію впливає на розміри казеїнових міцел.

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 [34]. Іонний кальцій може виконувати роль дестабілізатора білків без нагрівання, коли незалежно від зовнішніх причин випадає в осад казеїн. Необхідна концентрація хлориду кальцію ($CaCl_2$) становить близько 4,65 ммоль/л для молока, для казеїнатнатрієвих розчинів – від 7 ммоль/л до 16 ммоль/л. Найбільш слабкі до дії $CaCl_2$ $\alpha_s$- та β-казеїни, а це близько 75% казеїну молока, к-казеїн (близько 15%) – навпаки, виявляє стабільність. Додаткове внесення кальцію може сприяти осадженню неабсорбованого казеїну з водної фази [35, 36]. У роботах [25; 26] зазначено, що збільшення концентрації іонів кальцію в молоці приводить до підвищення ступеня агрегації білків та швидкості коагуляційних процесів.

Узагальнюючи дані [37; 38], слід зазначити, що механізм впливу іонів кальцію на міцели казеїну до кінця не виявлено. Учені схильні припускати, що відбувається 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 – незв'язані іони кальцію в подвійному електричному шарі маскують взаємодії на зразок заряд-заряд.

За даними [39], згущення (концентрування) молока викликає зниження активності іонів кальцію. У розведених до первинної концентрації пробах згущеного молока активність іонного кальцію не досягає її величини у свіжому знежиреному та відновленому молоці. Теплова обробка впливає на $Ca^{2+}$, як і солі стабілізатори [21]. Півгодинне нагрівання молока за температури 50°С знижує концентрацію іонного кальцію приблизно на 11%; із підвищенням температури втрати іонного кальцію зростають, й за температури 90°С досягають 20%, потім зберігаються на цьому рівні до 120°С [40].

У роботах [41–48] висвітлено вплив складу сольової системи молока на його технологічні властивості та коагуляцію білків. Так, науковці [41] дослідили вплив іонообміну на дисоціацію казеїнових міцел. У 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 [43] 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, емульгувальними властивостями та піноутворювальною здатністю [44].

Автор [45] дослідив доцільність регулювання складу сольової системи молока шляхом іонного обміну кальцію з одновалентними іонами натрію та

калію. У 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.

Із метою забезпечення термостабільності молока з підвищеною кислотністю під час пастеризації та стерилізації науковці [46] запропонували обробку молока іонообмінними смолами. Автори відзначають, що внаслідок регулювання сольового складу 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 знижується, порівняно з сирим вихідним молоком.

У роботі [47] досліджено регулювання складу сольової системи молока шляхом уведення іонотропного гелеутворювача альгінату натрію. Доведено, що зміна якісного та кількісного складу сольової системи молока знежиреного шляхом трансформації іонізованого кальцію в нерозчинний стан забезпечує підвищення його колоїдної стабільності, термо- та кислотостійкості. Установлено, що використання природного комплексоутворювача – альгінату натрію – за концентрації розчину 1,0…2,0% та коректорів розчинності, використання яких забезпечує pH 5,0…5,5, що вводиться у 2 етапи за співвідношення молоко : комплексоутворювач як 100:10, зменшує вміст іонного кальцію на 10,0…15,0% до початкового вмісту та забезпечує колоїдну стабільність, термо- та кислотостійкість. На підставі одержаних даних автори розробили технологію напівфабрикатів десертної продукції на основі молока знежиреного з регульованим складом сольової системи та соку концентрованого чи пюре.

Аналіз літературних джерел показав, що іонообмін набув широкого застосування під час створення молочних продуктів, збагачених залізом з метою профілактики анемії. Так, автор [48] встановив, що за умови видалення 70% кальцію казеїни в молоці утворюють нанокомплекси з тривалентним залізом, що є позитивним з огляду на використання їх у рідких харчових продуктах.

На підставі аналітичних досліджень установлено, 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.

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 її перехідні стани між колоїдним розчином, золем, гелем та суспензією. 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 та коагулювати з появою пластівців, які випадають в осад. За відсутності будь-якого механічного впливу золь переходить у гель. Таким чином, існують дві форми колоїдного стану – золь та гель (рис. 1.1) [21].

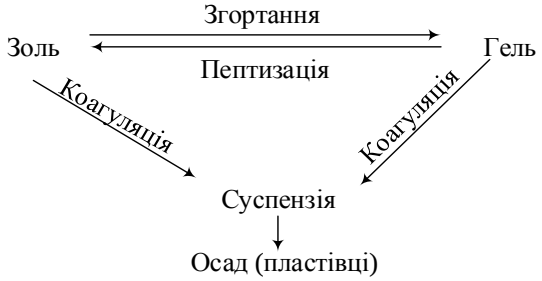



**Рисунок 1.1 – Форми колоїдного стану молочних білків** [21]

Так, кінцевим етапом виробництва йогуртів, сметани тощо проміжним етапом виробництва є формування гелю – колоїдної системи, у межах якої рухливість окремих структурних елементів не обмежена [21].

У разі утворення золю однойменний заряд казеїнових міцел обумовлює їх електростатичне відштовхування. Але оскільки міцели оточені протилежно зарядженими протиіонами, то сили відштовхування починають діяти тільки в тому випадку, коли дифузні шари проникають один в одного. Усі чинники, що призводять до зниження поверхневого потенціалу, зменшують товщину гідратної оболонки та зводять до мінімуму сили відштовхування. У результаті може статися асоціювання міцел й об’єднання казеїнових частинок. Залежно від зовнішнього впливу золь білків молока може згортатися з утворенням гелю або коагулювати з появою пластівців, які випадають в осад за відсутності будь-якого механічного впливу [49; 50].

За своїми механічними властивостями гелі займають проміжне положення між рідинами та твердими речовинами, а за структурою – між гетерогенними і гомогенними системами. За структурою їх поділяють на гелі з полімерною сіткою (сітчастою структурою) й гелі, які утворюються внаслідок агрегації колоїдних частинок. Молочні гелі належать до агрегаційних гелей або коагелей. [51].

У молоці гелі утворюються тільки з казеїнових міцел, а також у висококонцентрованих білкових розчинах із сироваткових білків і 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 [11].

У 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 в пустотах, капілярах, а також у складі гідратованих частинок [41–52].

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 pH у результаті утворення молочної кислоти як продукту біохімічних реакцій. Зі зниженням значення pH 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. За збільшення концентрації $H^+$ колоїдний фосфат кальцію в міцелах розщеплюється до іонного кальцію, що дифундує з 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 [21].

Кислотні гелі є проміжним продуктом під час виробництва сиру і кінцевим продуктом під час виробництва йогурту та інших кисломолочних продуктів. Для кисломолочних продуктів міцність гелю є показником якості й залежить як від властивостей молока (зокрема, концентрації казеїну й іонної сили), так й від температури ферментації, швидкості наростання кислотності і значень pH після закінчення ферментації та продуктів ферментації (наявність екзополісахаридів).

Характерними властивостями ліогелей є синерезис. Теоретично синерезис можна розглядати як продовження процесу розшарування й мимовільне зниження вологозв'язувальної здатності. Ступінь синерезису пов'язаний з двома структурними властивостями гелю – пористістю й проникністю, які залежать від розмірів і кількості капілярів. Так, кислотні гелі більш проникливі і схильні до мимовільного синерезису з виділенням сироватки.

Коагуляція, на відміну від гелеутворення, означає повне руйнування колоїдної системи. Це виявляється в істотному укрупненні колоїдних частинок, які спочатку знаходяться у зваженому стані, а потім під дією сили тяжіння утворюють осад у вигляді пластівців. Коагуляція відбувається за таких умов: зниження електричного заряду частинок і пов'язаних з цим зменшенням електрокінетичного потенціалу, суттєвого зменшення гідратної оболонки [53; 54].

Коагуляція білків за рахунок зниження pH протікає за такою схемою, як і утворення кислотного гелю, із тією різницею, що в разі додавання кислоти казеїнові міцели відразу випадають в осад, оскільки в місці введення крапель кислоти різко змінюється pH. Для повного виділення казеїну слід ураховувати його ізоелектричну точку [37].

Коагуляція білків під дією сильних електролітів, тобто при висаджуванні, відбувається внаслідок втрати гідратної води. Іони внесеної солі конкурують з колоїдами за гідратну воду і «перетягують» її до себе внаслідок високої

щільності заряду. При цьому, незалежно від виду білка, виникає свого роду послідовність іонів – іонний ряд Гофмейстера, згідно з яким за однакового ζ-потенціалу іон з більшою здатністю до дегідратації має сильніший коагулюючий вплив. Ряд Гофмейстера наведено таким чином:

$$\text{Аніони: } SO_4^{2-} > H_2PO^{4-} > CH_3COO^- > Cl^- > Br^- > I^- > ClO_4^- > SCN^-, \quad (1.1)$$

$$\text{Катіони: } NH_4^+ > Cs^+ > K^+ > Na^+ > Li^+ > Mg^+ > Ca^{2+} > Ba^{2+}. \quad (1.2)$$

У тих дисперсіях, де внесення електроліту не змінює поверхневий заряд, заряд протиіона, який додатково вноситься, визначає обмінну взаємодію з поверхнею колоїду. У цьому випадку діє правило Шульца-Харді, згідно з яким коагулюючий вплив підвищується зі зростанням заряду іона, що викликає флокуляцію. Так, за даними [21], концентрація одно-, дво- та тривалентних протиіонів, які викликають коагуляцію, співвідносяться як 1:0,0016:0,0013.

Коагуляція білків молока є важливим етапом технологічного процесу під час виробництва харчової продукції [55; 56]. До основи цього процесу покладено коагуляцію основного білка молока – казеїну, яка може бути викликана різними чинниками: дією кислот, протеолітичних ферментів, солей, спиртів, високої температури. У молочній промисловості використовують такі механізми коагуляції, як сичужна, кислотна, кислотно-сичужна, термокислотна та термокальцієва, суть яких розглянуто в [11; 29; 37; 40; 41; 54; 56–65].

Найбільш поширеним видом кислотної коагуляції казеїну є згортання молока під дією молочної кислоти, що утворюється в результаті молочнокислого бродіння. Цей процес широко використовується в технології виробництва кисломолочних продуктів і технічного казеїну. За повільного наростання кислотності в казеїнових міцелах відбувається низка змін, основними з яких є вихід з міцел міцелярного фосфату кальцію та розчинення його в сироватці й зниження поверхневого заряду міцели до нуля [38].

Дослідженням [37] із застосуванням кінетико-реологічного методу встановлено, що процес структуроутворення за кислотної коагуляції білків молока аналогічний процесу структуроутворення при сичужній коагуляції та складається з чотирьох стадій: індукційний період, стадія флокуляції (масової або явної коагуляції), стадія метастабільної рівноваги (ущільнення згустку), стадія синерезису.

У роботі [66] зазначено, що індукційна стадія кислотної коагуляції здійснюється у два етапи: на першому – від казеїнаткальційфосфатного комплексу (ККФК) відщеплюється кальцій, а на другому – зменшується буферна ємність молока і pH доводиться до ізоелектричної точки, в якій відбувається коагуляція казеїну.

Суть кислотної коагуляції казеїну полягає у втраті заряду його частинками при наближенні pH до ізоелектричної точки казеїну і зниженні потенціалу відштовхування між частинками [29]. 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:

$$R\text{-}\ COOH\text{-}R - COO^{-} + H^{+}, \quad (1.3)$$

$$R - PO_3H_2\text{-}R\ \text{-}\ PO_3^{2-} + 2H^{+}. \quad (1.4)$$

Тобто іони водню внаслідок особливого механізму пересування легко проникають в гідратну оболонку і в нерухомий шар протиіонів, що призводить до зменшення заряду карбоксильних і фосфатних залишків. За таких умов відбувається дестабілізація колоїдного стану золю міцел казеїну за рахунок зміни співвідношення сил міжмолекулярного тяжіння і електростатичного відштовхування. Під дією сил тяжіння, які переважають у даному випадку, частинки, що зіштовхуються між собою, з'єднуються одна з одною, утворюючи більші 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.

Із підвищенням концентрації іонів водню порушується структура ККФК за рахунок відщеплення від нього фосфату кальцію й органічного кальцію – структурних елементів комплексу – і їх переходу в розчинну форму [11; 67]. Крім того, під дією молочної кислоти відбувається перехід фосфатів і цитратів кальцію, що знаходяться в плазмі, у більш розчинні лактати кальцію:

$$CaHPO_4 + 2C_3H_6O_3 \rightarrow (C_3H_5O_3)_2Ca + H_3PO_4, \quad (1.5)$$

$$Ca_3(C_6H_5O_7)_2 + 6C_3H_6O_3 \rightarrow 3(C_3H_5O_3)_2Ca + 2C_6H_8O_7. \quad (1.6)$$

Наслідком цих процесів є дестабілізація міцел казеїну, зміни їх дисперсності та пригнічення буферної ємності молока.

Процес гелеутворення за кислотного згортання молока, а також структурно-механічні та синергетичні властивості одержуваних згустків залежать від складу та властивостей молока, бактеріальних заквасок, температури згортання, режимів обробки згустку, тривалості процесів і низки інших чинників. На швидкість згортання і щільність згустку впливає вміст сухих речовин та казеїна в молоці. Чим їх більше, тим активніше відбувається згортання молока: зі зменшенням вмісту казеїну в молоці зменшується в'язкість і міцність згустку, унаслідок чого погіршується виділення з нього сироватки [56].

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 брати безпосередню участь у формуванні білкового каркаса та знижати пористість і 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 казеїну, тим більша кількість внесених сироваткових білків буде захоплена згустком [38].

Тож визначені наукові та практичні основи стійкості харчових дисперсних систем, вплив складу сольової системи на коагуляцію білків молока є основоположними в моделюванні, науковому обґрунтуванні та розробці технології напівфабрикатів із сиру кисломолочного та харчової продукції на їх основі.

## 1.2. Аналіз способів виробництва сиру кисломолочного, що на сьогодні існують, та шляхи їх удосконалення

Серед різноманіття молочної продукції, яка виробляється операторами ринку в Україні, сир кисломолочний – один із найпоширеніших джерел тваринного білка. З огляду на високі смакові властивості, простоту одержання, широке використання в технології кулінарної та кондитерської продукції сир кисломолочний є одним з основних продуктів у харчуванні широких верств населення.

Сир кисломолочний – білковий продукт, який містить повноцінний білок (13,0…18,0%), молочний жир (0,5…18%), молочний цукор (1,0…1,5%), мінеральні речовини (1,0…1,2%), зокрема кальцій (0,16%), фосфор, залізо, магній, вітаміни А, $B_1$, $B_2$, $B_6$, $B_{12}$, РР; енергетична цінність залежно від вмісту жиру становить 90…230 ккал/100 г [11; 68]. Завдяки високій засвоюваності білків та значному вмісту мінеральних речовин продукцію з сиру кисломолочного рекомендовано до використання в дитячому, геродієтичному, дієтичному, фітнес-харчуванні [11]. Узагальнення інформаційних джерел [69–71] дозволяє визначити класифікаційні ознаки способів виробництва сиру кисломолочного, основними з яких є:

– спосіб коагуляції білків (кислотний та кислотно-сичужний);

– метод обробки згустку (із відварюванням чи без відварювання);

– метод зневоднення згустку (самопресування та пресування; пресування; зневоднення в безперервно діючих апаратах).

Для одержання згустку в технології сиру кисломолочного використовують кислотно-сичужну та кислотну коагуляцію білків молока. При цьому найбільш розповсюдженими способами його виробництва є традиційний та роздільний [69–71].

Технологічний процес виробництва сиру кисломолочного традиційним способом складається з підготовки молока, одержання сировини певного складу, пастеризації, охолодження до температури заквашування, заквашування, ферментації, нарізання згустку, відділення сироватки, охолодження сиру кисломолочного, фасування [69–71]. Суть роздільного способу заключається в тому, що спочатку одержують молоко знежирене та високожирні вершки з жирністю 50…55%. Потім із молока знежиреного виробляють за аналогічною традиційній технологією сир кисломолочний нежирний та з’єднують його з вершками.

У зв'язку з тим, що в основу виробництва сиру кисломолочного покладено коагуляційні процеси, вважаємо за доцільне висвітлити особливості коагуляції, що застосовуються. Кислотна коагуляція молока – це порушення природньої структури білків молока під дією іонів водню, що спостерігається в разі додавання кислоти до молока. Процеси, що відбуваються, засновані на осадженні казеїну в ізоелектричній точці за pH 4,6…4,7 [57; 58; 72]. Під час кислотної коагуляції здійснюється перехід колоїдної системи молока з вільнодисперсного стану (золю) у зв'язанодисперсний (гель) [50; 56; 73].

Коагуляція молока під дією сичужного ферменту має незворотний характер та складається з двох процесів: розщеплення к-казеїну на гідрофільний глікомакропептид та гідрофобний пара-к-казеїн, у результаті чого дезактивуються системи, що забезпечують стійкість міцели, та флокуляції (агрегації) дестабілізованих параказеїнових міцел, унаслідок чого казеїн зі стану золя переходить у стан гелю [74].

Під час ферментації молока мікроорганізмами за рахунок утворення ними молочної кислоти pH середовища знижується до 5,7…5,8, при цьому спостерігається поступова нейтралізація від'ємно заряджених груп казеїну, а також видалення зі складу казеїнових міцел колоїдного фосфату кальцію (дезагрегація). За подальшого зниження pH (до 5,0 та нижче) руйнується міцелярна структура казеїну, відбувається зменшення його гідратації та агрегація гідрофобних частинок. За pH 4,6…4,7 агрегування збільшується та наступає стадія структуроутворення з формуванням єдиної просторової сітки молочного згустку [75].

Теоретичні та експериментальні дослідження наукових та прикладних основ виробництва сиру кисломолочного висвітлено в роботах вітчизняних та закордонних учених: К.К. Горбатової, О.П. Чагаровського, J.P. de Kort Esther, J.A. Lucey та ін. [58; 76–78].

Аналіз літературних джерел [79–81] показав, що останнім часом у технології сиру кисломолочного запроваджено низку новацій, які лежать, з одного боку, у площині надання харчовій продукції функціональних властивостей за рахунок застосування пробіотиків, інуліновмісної сировини, зернових, солодових та інших наповнювачів, а з іншого, – регулювання технологічних властивостей сиру кисломолочного як вихідної сировини для виробництва кулінарної продукції (використання загусників, вологоутримувальних компонентів, стабілізаторів структури). Щодо останнього, то їх застосування здебільшого спрямоване на усунення вад та обмежень, які виникають під час виробництва сиру кисломолочного (наявність синерезису, крихка консистенція, нетривалий строк зберігання) й не передбачають комплексної реалізації технологічних властивостей молока як сировини (у взаємозв'язку хімічний склад – параметри процесу).

На сьогодні широкого значення у виробництві сиру кисломолочного набувають сучасні способи виробництва [82]. Використання баромембранних методів у виробництві сиру кисломолочного дозволяє модифікувати хімічний склад сировини, зокрема підвищити вміст сухих речовин та стандартизувати сир кисломолочний за вмістом білка. За виробництва сиру кисломолочного із

застосуванням ультрафільтрації суттєво знижуються витрати сировини (до 3,6 кг молока / кг сиру кисломолочного) та собівартість готового продукту. У результаті продукт має м'яку, мазку консистенцію та використовується як сировина для паст сиркових, кремів, начинок для кондитерських виробів [83].

Застосування ультрафільтрації під час виробництва молочно-білкових продуктів, зокрема сиру кисломолочного, дозволяє використовувати всі білкові компоненти молока, зберегти нативні властивості білкової фази, підвищити харчову цінність продукту, знизити витрати сировини на одиницю продукції, забезпечити безперервність процесу обробки сировини [84; 85].

Під час ультрафільтрації молока концентруються білки, тоді як лактоза та розчинні у воді мінеральні солі проходять через пори мембрани. Білковий концентрат знежиреного молока з вмістом сухих речовин 17,5…19,0% за складом приблизно відповідає нежирному сиру кисломолочному, виробленому за традиційною технологією. Проте сир кисломолочний, вироблений із застосуванням ультрафільтрації молока, набуває гіркого смаку протягом нетривалого зберігання в результаті підвищеного вмісту кальцію [85–88].

Для виправлення зазначеного недоліку запропоновано проводити ультрафільтрацію підкисленого до pH 6,0…5,3 молока, коли частина кальцію, зв'язаного з казеїновими міцелами, переходить до розчинної форми та проходить через пори мембрани [89; 90]. Ультрафільтрацію підкисленого молока здійснюють за низької температури для запобігання коагуляції казеїну.

Перспективним є спосіб виробництва сиру кисломолочного за технологією Advanced Technology (АТ-сир кисломолочний) без відділення сироватки. Продукт виготовляється з молока з підвищеним вмістом сухих речовин, ферментованого заквасочними культурами з або без ферменту без наступного відділення сироватки. Одним із найбільш поширених прийомів збагачення молочної суміші є використання молочно-білкових концентратів або ультрафільтрації [91]. Технологія дозволяє одержати сиркову основу для виготовлення великого асортименту сиркових продуктів, зокрема збитих, із різними наповнювачами. За економічною ефективністю даний спосіб перевищує спосіб одержання сиру кисломолочного роздільним способом. До того ж, використання АТ-сиру кисломолочного дозволяє вирішити проблему утилізування сироватки, підвищити харчову та біологічну цінність готового продукту за рахунок максимального збереження білкової частки суміші, що переробляється.

Усе більшої популярності набуває сир кисломолочний зернистий, який є різновидом сиру кисломолочного та характеризується більшими розмірами білкових гранул, не зв'язаних між собою. Пастеризоване за температури 74…76°С молоко охолоджують до температури 21…23°С, вносять 1…1,5% закваски гомоферментативних молочнокислих стрептококів, сичужний фермент, хлористий кальцій та ферментують протягом $(12…18)\times60^2$ с до кислотності сироватки 48…55°Т. Надалі згусток розрізають та нагрівають протягом 45×60 с з 21°С до 32°С, далі протягом (35…45)×60 с – з 32°С до 40°С та протягом (20…30)×60 с – з 40°С до 45…48°С. За температури 45…48°С зерно відварюють протягом (55…60)×60 с, зливають сироватку, зерно

промивають у воді температурою 26…28°С, 16…17°С та 2…4°С. Надалі до одержаного сиру вводять вершки у співвідношенні вершки : сир зернистий як 1:2 або 1:3 [92].

Тенденції до натуральності, а також потреба на харчові продукти, збагачені білком, відкривають перспективи для виробництва сепарованого сиру кисломолочного [93]. Сепарування є доволі перспективним, оскільки дозволяє знизити витрати сировини на одиницю готової продукції. Сир кисломолочний, одержаний унаслідок сепарування, характеризується білим кольором, чистим молочнокислим смаком та ароматом, м'якою та ніжною консистенцією, містить 80…82% вологи та близько 12% білка. Такий сир кисломолочний підходить для всіх видів сиркових виробів, має тривалий строк зберігання.

Автори [94] дослідили процес виробництва сиру кисломолочного традиційним способом із пряженого молока. Визначено, що за незначної зміни технологічного процесу та прийнятного підвищення витрат на пряження молока одержується новий перспективний продукт – сир кисломолочний з пряженого молока, який характеризується м'якою, мазкою консистенцією без відчутних частинок молочного білка, з горіхово-карамельним присмаком, запахом пряженого молока та кремовим відтінком. За тривалої теплової обробки молока під час пряження час ферментації збільшується (на $2{,}5\times60^2$ с), відділення сироватки відбувається повільніше, ніж у зразка з пастеризованого молока.

Розроблено технологію сиру кисломолочного з додаванням до молока перед ферментацією казеїнату натрію. Застосування білкових концентратів для виробництва сиру кисломолочного, твердих і м'яких сирів впливає на вологоутримувальну здатність білкових згустків та дозволяє підвищити вихід сиру кисломолочного [95–100].

Науковці [101] дослідили вплив білкового препарату Nutrilac®QU-7627 на якість та вихід сиру кисломолочного. Установлено, що за введення препарату в кількості 2…3% спостерігається підвищення ступеня використання сухих речовин молока, збільшується вихід та покращується якість сиру кисломолочного.

Наразі виробляється значна кількість ферментних препаратів для виробництва сиру кисломолочного. У роботі [102] зазначено, що використання ферментних препаратів FloraBond під час виробництва сиру кисломолочного дозволить інтенсифікувати формування структури продукту, підвищити розсипчастість, вологоутримувальну здатність, вихід та одержати стабільну консистенцію під час зберігання.

Автор [103] пропонує до використання мезофільні культури ГК «Ревада», що складаються з Lactococcus lactis subsp. lactis та Lactococcus lactis subsp. Cremoris, які забезпечують приємний кисломолочний, вершковий смак та аромат сиру кисломолочного, коротку та щільну структуру згустку під час ферментації. Завдяки помірному кислотоутворенню культур, сир кисломолочний має низьке постокислення під час зберігання.

У виробництві сиру кисломолочного для підвищення виходу готового продукту та усунення відомих недоліків використовують сумісну коагуляцію

казеїнових та сироваткових білків. Ресурсозбережний ефект досягається за рахунок здатності білків до комплексоутворення. При цьому молоко, що підготовлене до ферментації, з'єднують з кислою сироваткою з температурою 95°С. Спосіб сумісного осадження білків передбачає їх з'єднання, утворення комплексів між білками, а потім осадження. Ця технологія сприяє більш повному використанню основних компонентів молока та сироватки, тим самим збільшуючи вихід готового продукту на 7…10%. Такий продукт характеризується високою харчовою та біологічною цінністю, а також споживними властивостями.

На сьогодні у виробництві сиру кисломолочного та сиркових продуктів велику наукову та практичну зацікавленність викликає використання нових коагулянтів, зокрема глюконо-дельта-лактону, що дозволяє частково усунути відомі недоліки та збільшити вихід готового продукту [104; 105]. Використання глюконо-дельта-лактону, порівняно з традиційними технологіями, має низку переваг: дозволяє скоротити тривалість коагуляції казеїну, що забезпечує зниження виробничих затрат, оптимізацію технологічних процесів; допомагає стабілізувати процес ферментації, що не залежить від забруднення бактеріофагами; запобігає попередженню пост ферментації готового продукту після закінчення технологічного процесу; сприяє збільшенню строку зберігання готового продукту.

Обґрунтовано доцільність резервування сиру кисломолочного шляхом заморожування. Заморожування впливає на міграцію вологи з утворенням малоенергоємних, доступних для мікроорганізмів форм зв'язку та обумовлює короткий строк зберігання розмороженого сиру кисломолочного [106].

Існує спосіб заморожування сиру кисломолочного в полімерних мішках. Проте цей спосіб має недоліки: трудомісткість процесів фасування, повільне та нерівномірне заморожування продукту – утворення великих кристалів вимороженої води. Під час розморожування виділяється понад 6…7% сироватки. Сир кисломолочний має низьку якість у результаті небажаних біохімічних та мікробіологічних процесів, які відбуваються протягом повільного заморожування та розморожування [107–109].

Узагальнюючи одержані результати слід зазначити, що способи виробництва сиру кисломолочного, які на сьогодні існують, здебільшого спрямовані на підвищення харчової та біологічної цінності, збільшення виходу продукту, зменшення тривалості процесу ферментації, оптимізацію технологічних процесів, але не враховують вимоги до сиру кисломолочного як сировини, що використовується як рецептурний компонент для виробництва кулінарної та кондитерської продукції в закладах ресторанного господарства.

### 1.3. Інновації в технології виробництва напівфабрикатів та кулінарної продукції з сиру кисломолочного

Стрімкий розвиток і впровадження нових технологій напівфабрикатів та кулінарної продукції з сиру кисломолочного зумовлений усезростаючим сегментом споживачів і широким діапазоном їх потреб. Так, стрімкий розвиток

кулінарної продукції, формування культури її споживання сприяло тому, що кулінарна продукція з сиру кисломолочного вийшла за межі торгових залів ресторанного господарства, і на сьогодні підприємства харчової промисловості випускають досить широкий її асортимент [55]. Тенденції у виробництві напівфабрикатів та кулінарної продукції з сиру кисломолочного висвітлюються через призму певних чинників, основними з яких є обмеженість виробничих ресурсів і зростаючих потреб, що визначає інноваційну діяльність як основну умову розвитку галузі.

На сьогодні у виробництві напівфабрикатів та кулінарної продукції з сиру кисломолочного намітилася стійка тенденція, яка сприяє реалізації концепції безперервності інноваційного циклу розробок, що пов'язано з появою значної кількості інновацій. Так, існують два напрями в розширенні асортименту – це модернізація існуючих технологій та створення нових. При цьому слід зазначити, що елементи вдосконалення можуть і не впливати на основні показники якості чи безпечності продукції та покращувати їх, а лише підвищувати рентабельність виробництва за рахунок оптимізації технологічного процесу. Тож важливим є дослідити наукові та практичні здобутки з виробництва напівфабрикатів та готової продукції на їх основі. За даними [110–112] для приготування кулінарної продукції застосовують жирний (12…18% вмісту жиру), напівжирний (5…9%) та нежирний (≤1,0%) сир кисломолочний. Під час виробництва страв використовуються майже всі види теплової обробки: варіння основним способом та на парі (вареники ліниві, паровий пудинг), смаження основним способом (сирники), у фритюрі (сирники по-київськи, батончики сирні) та на грилі, запікання (пудинги, запіканки). Слід зазначити, що поряд із традиційними стравами (сирні маси десертні та закусочні, вареники ліниві, сирники, запіканки, пудинги, креми сиркові) сир кисломолочний сьогодні використовується значно ширше: у технології оздоблювальних та випечених напівфабрикатів, морозива, десертної продукції, страв із макаронних виробів, холодних страв [113; 114].

Аналіз літературних джерел [115–117] дозволив виявити, що розроблено та запроваджено такі технології та рецептури продукції на основі сиру кисломолочного: десерти сиркові з використанням пробіотиків, що вміщують молочнокислі та біфідобактерії [115], культури DVS компанії Cnrtkinsen та ферментативного препарату «Алтазим» [116]. Автори [117] розробили спосіб одержання сиркової маси, до складу якої входить біологічно активна добавка «Йодказеїн».

Одним із нововведень у технології продукції на основі сиру кисломолочного є використання у його складі препаратів, одержаних шляхом послідовного екстрагування біомаси мікроміцету. Так, відомі технології виробництва десертної продукції на основі сиру кисломолочного, де використовуються біомаси мікроміцету Mortierella jenkinii [118] чи Mortierella alpina [119], чи Mortierella humilis [120], чи Mortierella verticillata [121].

Одним із напрямів розширення асортименту продукції на основі сиру кисломолочного є використання нетрадиційних інгредієнтів у її складі за умов комбінування різної за походженням сировини. Учені [122] запропонували

вводити до рецептурного складу сиркового десерту борошно з круп чи бобових, що становить 0,3%.

Сирні продукти із зерновими компонентами останнім часом користуються значною популярність серед споживачів. Поєднання корисних якостей молочних і злакових продуктів дозволяє одержати гармонійні за складом і властивостями композиції. Молочно-злакові продукти мають певні функціональні властивості. 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, $B_2$, $B_6$, зокрема антиоксиданти Е, β-каротин, олігосахариди та мінеральні речовини [123].

Вибір сиру кисломолочного як основи комбінованих молочно-рослинних продуктів невипадковий. Це обумовлено його частим споживанням в традиційному раціоні харчування, відмінними функціональними і технологічними властивостями. На сьогодні розроблено технологію кисломолочних білкових продуктів, які містять рослинні компоненти високої харчової цінності: пророщене зерно пшениці, наповнювач із нелущеного гороху, смакові добавки (курага, томат тощо). Для одержання однорідної структури сирного згустку наповнювач уносять 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. Уведення рослинних компонентів дає можливість замінити частину тваринного білка рослинним, значно збагатити мінеральний склад, підвищити вміст вітамінів, особливо водорозчинних, а також внести харчові волокна.

Автор [124] розробив 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. Установлено, що внесення ячмінно-солодового екстракту до сиру кисломолочного як рецептурного компонента знижує його кислотність на 17…20% та підвищує вміст сухих речовин на 8…12%.

Останнім часом учені [125] проводять дослідження і розробляють технології сирів плавлених пастоподібних із використанням сиру кисломолочного. Основними сировинними компонентами у 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 сирів кисломолочних 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 у сфері створення молочно-білкових концентратів з використанням йодовмісної сировини [126; 127], технологій молочних продуктів функціонального призначення [128], структурованої кулінарної продукції з використанням концентратів сколотин [129], ресурсозбережних технологій молочних продуктів профілактичної дії [130], депонування іонів кальцію шляхом іонообмінної обробки [41], зміни властивостей казеїну під впливом технологічних чинників [131] та ін. Вищезазначені здобутки є теоретичним та експериментальним підґрунтям розвитку технологій харчової продукції з сиру кисломолочного, в основу яких покладено регулювання складу сольової системи молока.

Узагальнення літературних джерел та інтернет-ресурсів [69; 79; 80; 133–140] показує, що останнім часом у технології кулінарної продукції на основі сиру кисломолочного розроблено та запроваджено низку новацій для надання їй функціонально-фізіологічних властивостей.

Так, фахівці Київського національного торговельно-економічного університету [135] розробили технологію чизкейків із використанням зернопродуктів: пшениці подрібненої, борошна горохового, соєвого, клітковини, висівок пшеничних і вівсяних, овочево-фруктових пюре. Учені встановили 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 [136].

На основі досліджень фахівців кафедри харчової біотехнології та хімії Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя [137] 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.

Фахівці Харківського державного університету харчування та торгівлі [138] розробили 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.

Автори [139] розробилио 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.

Фахівці Національного університету харчових технологій [140] розробили пасти кисломолочні закусочного типу з композиціями прянощів, до складу яких уходять 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. У разі внесення рослинних компонентів зменшується кислотність тіста та масова частка вільної вологи у вихідній суміші [141].

Науковці Омського державного аграрного університету ім. П. А. Столипіна розробили технологію пудингу на основі сиру кисломолочного, до складу якого входять вершки, сироп плодово-женьшеневий, стабілізаційна система Стабісол JTL, іммобілізована закваска пробіотичних культур виду LAT PB AC-0, сир знежирений, одержаний із застосуванням ультрафільтрації. Установлено, що використання Стабісол JTL, що містить у своєму складі модифікований крохмаль (Е1422), желатин та гуар (Е412), підвищує харчову цінність та сприяє формуванню пластичної мазкої консистенції продукту [142].

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 [143].

Автори [144] розробили рецептуру сирників дієтичного призначення з використанням харчових волокон «Цитри-Фай 200» та ягід чорної смородини й журавлини. Розроблені рецептура та технологія дозволяє підвищити біологічну цінність нового виробу, підвищити строк зберігання, розширити асортимент напівфабрикатів із сиру кисломолочного, а також додатково збагатити вироби есенціальними мікронутрієнтами.

Вчені [145] дослідили можливість використання в технології виробництва сирників рослинного комплексу зеленої гречки. Установлено, що за рахунок використання останнього, який має високу вологоутримувольну здатність, 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 [146]. Відомий спосіб виробництва вареників лінивих із сиром кисломолочним із масовою часткою жиру 5%. Як рослинний наповнювач, що має профілактичну дію, застосовують харчові волокна, одержані з хвостиків цукрових буряків, та стабілізатор (яєчний порошок). Одержану масу витримують за температури 4…8°С протягом $(1,5…2)\times60^2$ с та заморожують [147].

Розроблено технології виробництва вареників із сиром кисломолочним та кунжутом «Сезам» та вареників лінивих «Сезам 1». Вони мають підвищений вміст кальцію, калію, магнію та олії [148].

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)×60 с до досягнення необхідної однорідної консистенції та випікають за температури 210…220°С протягом (20…25)×60 с [149].

Узагальнюючи аналіз існуючих розробок у сфері технологій кулінарної продукції з сиру кисломолочного слід зазначити, що більшість із них стосується регулювання харчової цінності, у той час як притаманні сиру кисломолочному об'єктивні технологічні властивості – ущільнення білкового згустку, синерезис, низька вологоутримувальна 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.

Аналіз технологічних процесів виробництва кулінарної продукції з сиру кисломолочного дозволив визначити основні технологічні заходи, які дають змогу частково уникнути об'єктивних змін властивостей сиру кисломолочного як основної сировини. Найбільш вагомими з них є такі:

– урахування фізико-хімічних властивостей сиру кисломолочного (вологість, жирність, кислотність);

– протирання сиру кисломолочного (збільшення дисперсності частинок для покращення засвоюваності);

– обмеження на використання інгредієнтів, які є джерелом органічних кислот, якщо страви з сиру кисломолочного розглядають як джерело кальцію;

– уведення вологозв'язувальних інгредієнтів (борошно, крупа манна, яйце куряче) з метою регулювання технологічних властивостей рецептурних сумішей та готової продукції;

– використання раціональних видів і параметрів термообробки як чинник збереження високої харчової та біологічної цінності;

– застосування сучасних пакувальних матеріалів та технологій для збереження харчової цінності продукції та подовження тривалості їх зберігання.

Аналіз інформаційних джерел [150–152] дозволяє стверджувати, що на сьогодні накопичено значний досвід створення емульсійних систем на основі білково-молочних концентратів, зокрема сиру кисломолочного. Загальновідомо, що в умовах утворення білково-жирових емульсій важливим є реалізація технологічних властивостей білків, зокрема, емульгувальної здатності, що корелює з розчинністю [153; 154]. Якщо в складі сиру кисломолочного білок (казеїн) знаходиться в межах ізоелектричної точки, необхідно визначити умови, за яких розчинність білків, а отже, й емульгувальна ємність будуть підвищуватися.

У роботах [155–158] обговорюються різні способи підвищення розчинності білків чи вмісту розчинних білків. Передусім це ферментативні (ферментативний гідроліз білків з утворенням пептидів, дипептидів та амінокислот) [155] та хімічні (зв'язування лізину редукувальними цукрами за наявності ціаноборгідрату) [156] способи модифікації. Широко також застосовують лужні регулятори pH: фосфати, цитрати) [157]. Технологічні способи впливу на білкові речовини (додаткове введення казеїнатів, коопреципітатів, концентратів сироваткових білків) [158] здебільшого пов'язані з підвищенням концентраційного вмісту розчинних білкових речовин. Але

запропоновані способи мають певні обмеження, зокрема: накопичення гіркого присмаку внаслідок ферментолізу [155], обмеження, а в деяких випадках заборона на використання харчових добавок, наявність лужного післясмаку [157], піщаниста консистенція, підвищення вартості готової продукції [157; 158].

Разом із тим на сьогодні не виявлено системних досліджень з обґрунтування технологічних параметрів виробництва напівфабрикатів із сиру кисломолочного, у яких на етапі 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.

# РОЗДІЛ 2

# НАУКОВЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО

## 2.1. Експертна оцінка сиру кисломолочного як передумова розробки інноваційного задуму напівфабрикатів на його основі

Сир кисломолочний як основна сировина широко використовується в технології кулінарної та кондитерської продукції, рецептурний склад якої регламентується чинними в закладах ресторанного господарства технологічними документами [159–161]. Проте практичний досвід використання сиру кисломолочного в технологіях харчової продукції свідчить про необхідність корегування властивостей рецептурних сумішей із його використанням. Останнє в технологічній практиці досягається шляхом застосування додаткових технологічних операцій (протирання, видалення надлишку сироватки) чи зміною (збільшенням чи зменшенням) вмісту рецептурних інгредієнтів (борошно пшеничне, крупа манна, яйця курячі). Вищезазначені технологічні заходи дозволяють регулювати формостійкість, вологоутримувальну та структуроутворювальну здатність, когезійні властивості та в’язкість як проміжних напівфабрикатів, так і готової продукції.

Ситуація, що склалася, пов’язана з тим, що сир кисломолочний є кінцевим продуктом молочної промисловості, під час виробництва якого пріоритетними є вихід, вміст білка чи жиру, вологість. Щодо закладів ресторанного господарства, то за неможливості одержання сиру кисломолочного зі сталими показниками якості останні змушені стандартизувати властивості рецептурних сумішей у так званому «ручному режимі», що, у свою чергу, призводить до одержання продукції, властивості якої можуть відрізнятися залежно від властивостей вихідної сировини.

Для встановлення основних показників якості сиру кисломолочного нежирного здійснено експертне оцінювання п’яти зразків провідних виробників молочної продукції Харківської, Полтавської та Київської областей (табл. 2.1) за органолептичними (табл. 2.2), фізико-хімічними та технологічними (табл. 2.3) показниками. Для забезпечення неупередженого ставлення до виробників дослідні зразки ідентифікували за номерами.

Аналіз даних, наведених у табл. 2.1, дозволяє констатувати, що дослідні зразки виготовлено як за державними стандартами України (ДСТУ 4554:2006 Сир кисломолочний. Технічні умови) [162], так і за технічними умовами (ТУ) виробників. Усі зразки сиру кисломолочного виготовлено кислотним способом, тривалість зберігання коливається від 10 діб до 21 доби. За органолептичними показниками всі зразки (II, III, IV, V), окрім I, відповідають вимогам чинної нормативної документації; у зразку I ідентифіковано гіркий присмак, що

*Таблиця 2.1* – **Характеристика зразків сиру кисломолочного нежирного, що досліджувалися, за маркуванням**

| Ідентифікаційний номер зразків сиру кисломолочного | Дані, що зазначаються виробником у маркуванні споживчого пакування | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Місцезнаходження виробника | Склад | Маса нетто споживчого пакування, кг | Нормативний документ, що регламентує виробництво | Умови та тривалість зберігання | Харчова цінність, г на 100 г |
| I | Харківська область | Молоко знежирене, закваска чистих культур молочнокислих бактерій | 0,4 | ТУ У ХХХХХХХХ-004-99 | за температури 2…6°С не більше ніж 21 доба | білки – 18,0, вуглеводи – 1,8 |
| II | Київська область | Молоко нормалізоване, чисті культури молочнокислих мікроорганізмів | 0,2 | ДСТУ 4554:2006 | за температури 2…6°С не більше ніж 20 діб | білки – 15,0, вуглеводи – 1,4, жири – 0,3 |
| III | Полтавська область | Молоко знежирене, закваска прямого внесення | 0,2 | ДСТУ 4554:2006 | за температури 2…6°С не більше ніж 14 діб | білки – 18,0, вуглеводи – 1,8 |
| IV | Київська область | Молоко коров’яче знежирене нормалізоване, закваска на чистих культурах молочнокислих бактерій | 0,35 | ТУ У 15.5-ХХХХХХХХ.026 | за температури 2…6°С не більше ніж 10 діб | білки – 18,0, вуглеводи – 1,8, жири – 0,5 |
| V | Полтавська область | Молоко нормалізоване, чисті культури молочнокислих мікроорганізмів | 0,35 | ДСТУ 4554:2006 | за температури 2…6°С | білки – 17,2, вуглеводи – 1,6, жири – 0,6 |

*Таблиця 2.2* – **Органолептичне оцінювання зразків сиру кисломолочного нежирного, що досліджувалися**

| Найменування показників | Вимоги НД* | Номер зразка та його характеристика | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV | V |
| Зовнішній вигляд | Дозволено незначну крупинчастість та незначне виділення сироватки | Незначна крупинчастість, виділення сироватки | Незначна крупинчастість, незначне виділення сироватки | | | Незначна крупинча-стість, сироватка не виділяється |
| Консистенція | М'яка, мазка або розсипчаста | Щільна, розсипчаста | Мазка, пастоподібна | Щільна, розсипчаста | Мазка, пастоподібна | |
| Колір | Білий або з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою | Білий, рівномірний за всією масою | | | | |
| Смак та запах | Характерний кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів | Характерний кисломолочний, з гірким присмаком | Характерний кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів | | | |
| Загальна оцінка | | Не відповідає вимогам НД | Відповідає вимогам НД | | | |
| *Вимоги відповідно до ДСТУ 4554:2006 Сир кисломолочний. Технічні умови | | | | | | |

*Таблиця 2.3* – **Фізико-хімічні та технологічні показники сиру кисломолочного нежирного, що досліджувалися**

| Номер зразка | Найменування показників та їх значення | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Масова частка білка, % | | Масова частка вологи, % | | Кислотність титрована, °Т | | Масова частка золи, %* | Вологоутри-мувальна здатність, %* | Середній розмір білкових частинок, мкм* |
| | за НД | фактично | за НД | фактично | за НД | фактично | | | |
| I | не менше 14 | 19,2±0,1 | 65…80 | 62,5±0,1 | 170…250 | 113±1 | 1,0±0,1 | 45,5±0,5 | 54,3±0,1 |
| II | | 16,4±0,1 | | 65,8±0,1 | | 180±1 | 1,1±0,1 | 49,4±0,5 | 29,5±0,1 |
| III | | 17,0±0,1 | | 62,3±0,1 | | 221±1 | 1,2±0,1 | 57,8±0,5 | 43,5±0,1 |
| IV | | 15,7±0,1 | | 64,1±0,1 | | 220±1 | 1,0±0,1 | 54,0±0,5 | 35,0±0,1 |
| V | | 14,9±0,1 | | 71,6±0,1 | | 247±1 | 1,1±0,1 | 50,3±0,5 | 40,0±0,1 |
| ***** Цей показник не нормується ДСТУ 4554:2006 Сир кисломолочний. Технічні умови | | | | | | | | | |

ймовірно є результатом застосування агента твердіння хлориду кальцію (про що в маркуванні не зазначено). Узагальнення результатів дослідження зразків сиру кисломолочного (табл. 2.3) дозволило виявити повну їх відповідність чинній НД за фізико-хімічними показниками; установлено невідповідність між задекларованим на споживчому маркуванні та фактичним вмістом білка (зразки III, IV, V).

Як показники не регламентовані НД, але досліджені обрано масову частку золи, вологоутримувальну здатність (ВУЗ) та середній розмір білкових часток. Два останні показники (поряд із масовою часткою вологи, білка та кислотністю титрованою) суттєво впливають на технологічні властивості сиру кисломолочного та рецептурних сумішей на його основі. Установлено, що ВУЗ зразків сиру кисломолочного варіює в достатньо широких межах – від 45,5±0,5% до 57,8±0,5%, середній розмір білкових частинок – від 29,5±0,1 мкм до 54,3±0,1 мкм. Можна прогнозувати, що коливання за показником ВУЗ приведе до одержання різних за консистенцією рецептурних сумішей, що впливатиме на формостійкість кулінарної продукції, її структурно-механічні показники та ін. Суттєво впливати на якість готової кулінарної продукції буде й дисперсність білкових частинок. Розуміючи, що білкові частинки за своїм колоїдним станом є гелем, який схильний за температурного впливу чи за наявності дегідратуючих компонентів (цукор білий) до ущільнення з відділенням сироватки, у технологічній практиці більш доцільно використовувати сир кисломолочний, який характеризується моно- та високодисперсним складом останніх (вищезазначене є особливо важливим за використання сиру кисломолочного нежирного, у складі якого за відсутності жирових прошарків синергетичні процеси є більш вираженими). Це забезпечить формування необхідних органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних показників кулінарної продукції.

Таким чином, органолептичні, фізико-хімічні та технологічні властивості сиру кисломолочного навіть за умов відповідності чинній нормативній документації розрізняються між собою, що впливає на параметри технологічного процесу виробництва продукції на його основі. Тож його технологічні властивості, з одного боку, потребують приведення до вимог технологій продукції закладів ресторанного господарства, а з іншого, – розширення за рахунок цілеспрямованого впливу технологічних чинників на етапі його виробництва. За багатоваріантності вирішення цього завдання одне з них лежить у площині створення напівфабрикатів із сиру кисломолочного для адресного використання в технології кулінарної та кондитерської продукції.

У технології напівфабрикатів із сиру кисломолочного прогнозується реалізувати опції ресурсозбереження (використання молока знежиреного), оптимізації технологічних процесів (зменшення часо- та трудовитрат), багатофункціонального використання (виробництво кулінарної та кондитерської продукції). Вищезазначене можна буде досягти шляхом регулювання складу сольової системи молока, що дозволить скорегувати функціонально-технологічні властивості білків, зокрема розчинність, емульгувальну ємність та ін.

З урахуванням зазначеного сформульовано робочу гіпотезу: регулювання ССС молока шляхом зміни вмісту та стану кальцію дозволить одержати за структурою, харчовою цінністю, технологічним призначенням сир кисломолочний та напівфабрикати на його основі з новими технологічними властивостями.

Для одержання напівфабрикатів із сиру кисломолочного потрібно:

– на першому етапі забезпечити формування необхідних технологічних та фізико-хімічних показників сиру кисломолочного як структурної основи напівфабрикатів (ВУЗ, масова частка вологи, дисперсність білкових частинок);

– на другому етапі забезпечити підвищення розчинності білків шляхом модифікації їх властивостей.

Аналітично доведено, що вирішити завдання першого етапу можливо за використання як основної сировини для виробництва сиру кисломолочного молока знежиреного декальцифікованого. Відповідно до розуміння ролі кальцію в перебігу кислотної коагуляції білків молока керований процес регулювання складу сольової системи 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 в нерозчинному стані. Для реалізації функціонально-технологічних властивостей необхідно підвищити ступінь їх розчинності під час виробництва сиру кисломолочного та/чи перевести їх у розчинний стан за впливу технологічних чинників. За різноваріантності підвищення вмісту розчинних білків (уведення білкових концентратів, солей-плавників) створення сирно-молочних сумішей на основі сиру кисломолочного та молока знежиреного декальцифікованого, у складі якого внаслідок реакції іонообміну суттєво зменшується вміст кальцію та збільшується натрію, дозволить «запустити» процес солюбілізації (колоїдного розчинення) казеїнових міцел, наслідком чого стане підвищення масової частки розчинного білка в дисперсійному середовищі системи.

Для регулювання ССС молока знежиреного як комплексоутворювач використано AlgNa (у вигляді водних розчинів), який за рахунок перебігу реакції заміщення здатен переводити в нерозчинний стан іонний кальцій, що приведе до розчинення частини кальцію колоїдних комплексів, змінюючи властивості системи в цілому. На сольову рівновагу молока суттєво впливатиме pH. Накопичення молочної кислоти під час ферментації молока приведе до зменшення негативного заряду міцел, і, як наслідок, зміни сольового балансу молока: частина колоїдних солей кальцію перейде в іонно-молекулярний стан, а фосфати кальцію набудуть кращої розчинності і вищого ступеня дисоціації. Згідно з проведеним аналізом перетворень сольової системи молока стає зрозумілим, що кероване виведення іонів кальцію буде впливати на колоїдну дестабілізацію, що, у свою чергу, приведе до формування нових технологічних властивостей сиру кисломолочного. З урахуванням зазначеного встановлені інновації, прийняті до впровадження в технології напівфабрикатів із сиру кисломолочного, та інноваційний задум нового продукту (табл. 2.4, 2.5).

*Таблиця 2.4* – **Інновації, прийняті до впровадження в технології напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

| Складова інноваційної стратегії | Інноваційні вимоги | Шляхи реалізації інновацій |
|---|---|---|
| Маркетингова | Напівфабрикат з новими споживними властивостями<br>Інтеграція продукту та сервісу<br>Задоволення потреб широких верств населення з урахуванням їх смакових уподобань та запитів до корисності та безпечності продукту | Виробництво напівфабрикатів із сиру кисломолочного багатофункціонального призначення<br>Через обґрунтування рецептурного складу та параметрів технологічного процесу виробництва напівфабрикатів реалізовано опцію сервісу – зручність у використанні, розширення асортименту |
| Технологічна | Високі смакові та поживні властивості продукту, широке технологічне призначення – використання в складі кулінарної та кондитерської продукції (як основна сировина, білковий імітатор жиру, білковий збагачувач) | Забезпечення стабільності технологічних властивостей (вологоутримувальна здатність, дисперсність білкових частинок та ін.) під впливом технологічних чинників (пастеризація, заморожування-розморожування)<br>Оптимізований технологічний процес механічної кулінарної обробки (відсутність операції протирання, видалення надлишку сироватки) |
| Організаційна | Виробництво – підприємства молочної промисловості, спеціалізовані цехи<br>Реалізація – заклади ресторанного господарства, супермаркети, гіпермаркети | Упровадження організаційно-технологічних принципів виробництва, спрямованих на підвищення ефективності функціонування ланцюга «молочна промисловість – ЗРГ» (міжгалузева кооперація) |

*Таблиця 2.5* – **Інноваційний задум напівфабрикатів з сиру кисломолочного**

| Найменування показників | Характеристика |
|---|---|
| Найменування продукту | Напівфабрикати з сиру кисломолочного |
| Концепція продукту | Напівфабрикати багатофункціонального призначення, характеризуються стабільністю властивостей під час зберігання та за впливу технологічних чинників: пастеризації, заморожування-розморожування, НВЧ-обробки.<br>Технологічний процес виробництва напівфабрикатів є ресурсозбережним (використання вторинних молочних продуктів – молока знежиреного), відсутні трудомісткі технологічні операції з протирання та видалення надлишку сироватки за його використання.<br>Напівфабрикати мають доступну ціну для споживачів |
| Конкурентні переваги | Використання напівфабрикатів дозволить скоротити тривалість технологічного процесу виробництва кулінарної та кондитерської продукції, знизити трудомісткість технологічного процесу, що особливо актуально в закладах ресторанного господарства зі скороченим технологічним циклом |
| Сегмент споживачів | B2B: HoReCa (заклади ресторанного господарства різних форматів, зокрема мережеві; ресторани при готелях та ін.); пункти харчування в навчальних закладах, промислових підприємствах, організація харчування зосереджених контингентів.<br>B2C: широкі верстви населення через підприємства оптової та роздрібної торгівлі |
| Органолептичні властивості | Характеризуються високими органолептичними властивостями: однорідною, пластичною, мазкою консистенцією, без відділення водної та/чи жирової фази.<br>Колір – білий з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою; смак та запах – характерний кисломолочний, без сторонніх присмаків та запахів |
| Маса продукту | Від 0,5 кг до 5,0 кг залежно від потужності закладів ресторанного господарства |
| Строк та умови зберігання | Не менше ніж 15 діб |
| Прогнозована собівартість | 45…50 грн за 1 кг |
| Прогнозована роздрібна ціна | 55…60 грн за 1 кг |

На підставі наведених даних (табл. 2.4, 2.5) сформульовано наукові та технологічні завдання, які потребують вирішення:

− дослідження складу та властивостей молока знежиреного декальцифікованого як технологічної системи для виробництва сиру кисломолочного;

− установлення закономірностей впливу технологічних чинників на органолептичні, фізичні, фізико-хімічні, структурно-механічні показники та мікроструктуру сиру кисломолочного як структурної основи напівфабрикатів;

− дослідження емульгувальної ємності та стабільності емульсій на основі сирно-молочних сумішей із молока знежиреного декальцифікованого;

− визначення закономірностей зміни органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних показників напівфабрикатів із сиру кисломолочного під впливом технологічних чинників;

− обґрунтування параметрів технологічного процесу одержання кінцевого (цільового) продукту – напівфабрикатів із сиру кисломолочного.

## 2.2. Дослідження складу та властивостей молока знежиреного декальцифікованого як технологічної системи для виробництва сиру кисломолочного

У роботах [56; 163–167] обговорюється, що склад та властивості молока, які варіюють у достатньо широкому діапазоні, є визначальними у формуванні показників якості та безпечності сиру кисломолочного. Діапазон коливань останніх залежить як від зоотехнічних (період лактації, порода, вік, раціон годування тощо), так і від кліматичних умов. Під час експериментальних робот досліджено склад понад 54 зразки молока, які одержано з ДП «ДГ «Кутузівка»» та ДП «Гонтарівка» інституту тваринництва НААН України протягом 2015–2017 р.р.

Критеріями оцінки зразків молока знежиреного як технологічної системи для виробництва сиру кисломолочного стали масова частка білка, зокрема казеїну, та кальцію. Узагальнені результати дослідження наведено на рис. 2.1. Усі зразки, що досліджено, за мікробіологічними та токсикологічними показниками відповідали вимогам чинного законодавства України.

Установлено, що зразки молока знежиреного мали деякі коливання складу. Так, вміст білка коливався в межах 3,0…3,3%, казеїну – 2,4…2,8%, кальцію – 112…140 мг%. З урахуванням вимог до сиропридатності молока (масова частка білка не менше ніж 3,1%, казеїну – 2,5%, кальцію – 125…130 мг% [38]) для досліджень використовували молоко знежирене, масова частка білка в складі якого коливалася в межах 3,1…3,2% (середній вміст білка), казеїну – 2,5…2,6%, кальцію – 132…137 мг% (високий вміст кальцію).

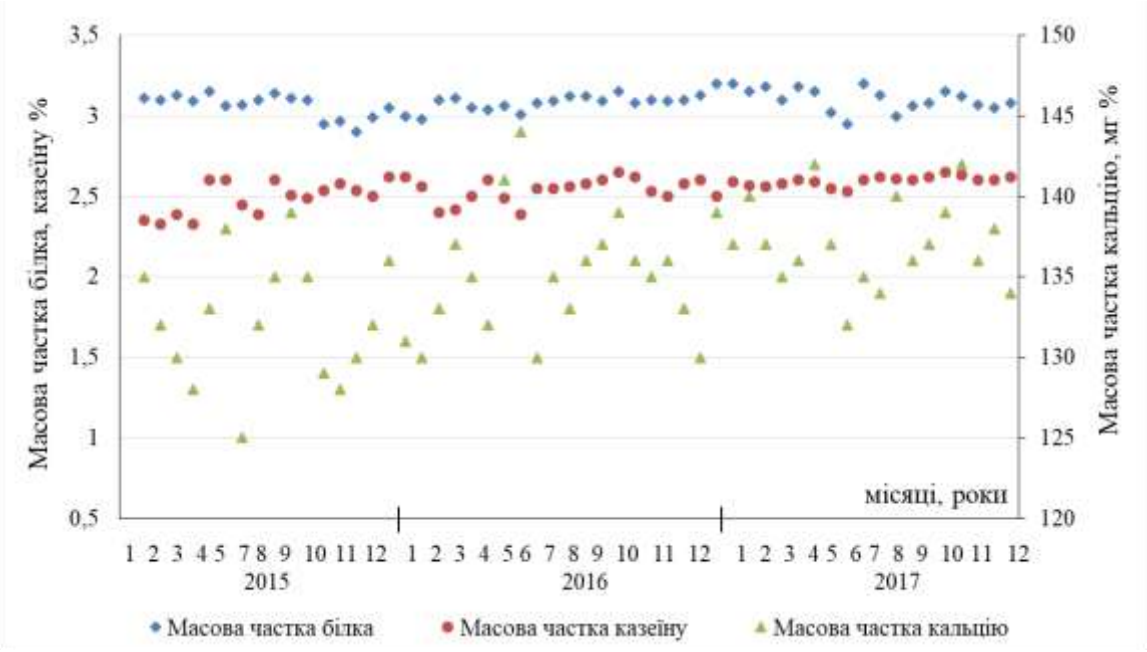



**Рисунок 2.1 – Масова частка білка, казеїну та кальцію в зразках молока знежиреного, що досліджувалися**

Для встановлення закономірностей зміни складу та властивостей молока знежиреного під час декальцифікації досліджено його органолептичні (табл. 2.6) та фізико-хімічні (табл. 2.7) показники. Молоко знежирене з різним вмістом кальцію одержували шляхом сорбції останнього природним іонообмінником альгінатом натрію за технологією, яку розроблено [47]. Модель технологічної системи виробництва молока знежиреного декальцифікованого наведено на рис. 2.2.

Тож предметом подальших досліджень стало молоко знежирене (зразок 1, контроль – вміст кальцію 132…137 мг%) та молоко знежирене декальцифіковане, у якому вміст кальцію знижували на 10…52% до початкового значення (зразки 2, 3, 4). Паралельно досліджували молоко знежирене з додаванням хлористого кальцію як агента твердіння (зразок 5, вміст кальцію 145…147 мг%). Зведені дані, що характеризують органолептичні та фізико-хімічні показники молока знежиреного як технологічної системи для виробництва сиру кисломолочного, наведено в табл. 2.6, 2.7.

Аналіз даних, наведених у табл. 2.6, 2.7, дозволяє констатувати зміни органолептичних та фізико-хімічних показників молока знежиреного у взаємозв’язку зі вмістом кальцію. Так, під час декальцифікації консистенція, смак і запах молока не змінюються. Одночасно виведення із системи 20…52% кальцію приводить до появи склоподібності (зразки 3, 4). Підвищення вмісту кальцію за рахунок введення розчинної солі $CaCl_2$ (зразок 5) супроводжується появою гіркуватого металевого присмаку та синюватого відтінку.

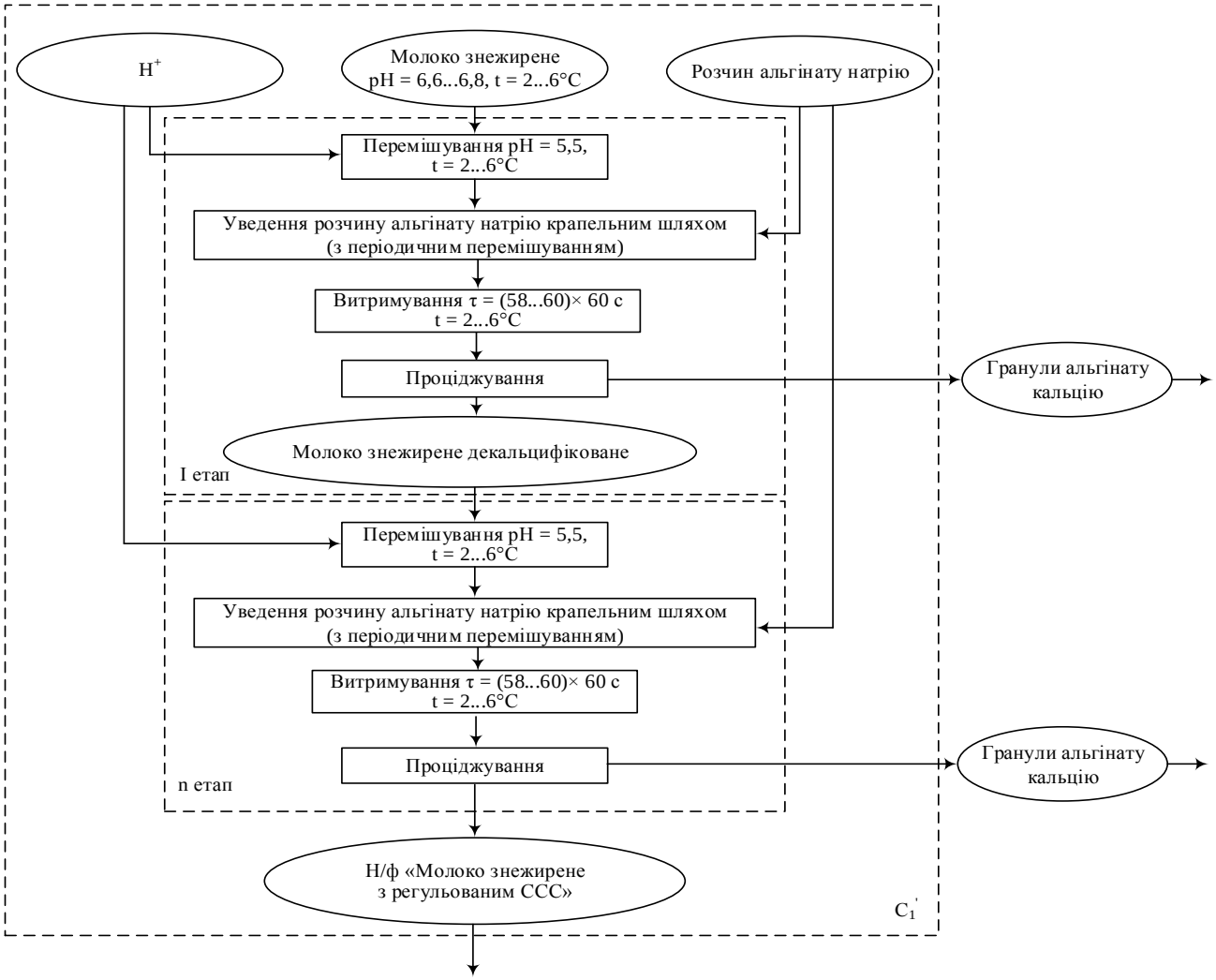



**Рисунок 2.2 – Модель технологічної системи виробництва молока знежиреного з регульованим ССС** [47]

*Таблиця 2.6 –* **Органолептичні показники молока знежиреного як технологічної системи для одержання сиру кисломолочного**

| Найменування показника | Характеристика зразків молока знежиреного за вмісту кальцію в системі, мг % / (% виведення (-) чи введення (+) кальцію до початкового значення) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1<br>132…137<br>контроль | 2<br>118…123<br>-(10…12) % | 3<br>90…105<br>-(20…25) % | 4<br>65…72<br>-(45…52) % | 5<br>145…147<br>+(9…11) % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Зовнішній вигляд та консистенція | Однорідна рідина без осаду, пластівців білка та грудочок жиру | | | | |

*Закінчення таблиці 2.6*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Смак і запах | Чисті, без сторонніх присмаків та запахів, притаманні свіжому молоку, з легким присмаком пастеризації | | | | Із гіркуватим металевим присмаком, без сторонніх запахів |
| Колір | Білий, рівномірний за всією масою | | Білий, рівномірний за всією масою, склоподібний | | Білий, рівномірний за масою, зі злегка синюватим відтінком |

*Таблиця 2.7* – **Фізико-хімічні показники молока знежиреного як технологічної системи для одержання сиру кисломолочного**

| Найменування показника | Характеристика зразків молока знежиреного за вмісту кальцію в системі, мг% / (% виведення (-) чи введення (+) кальцію до початкового значення) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1<br>132…137<br>контроль | 2<br>118…123<br>-(10…12)% | 3<br>90…105<br>-(20…25)% | 4<br>65…72<br>-(45…52)% | 5<br>145…147<br>+(9…11)% |
| Масова частка білка, %,<br>зокрема казеїну | 3,1±0,1<br>2,6±0,1 | 3,0±0,1<br>2,5±0,1 | 2,9±0,1<br>2,5±0,1 | 2,9±0,1<br>2,5±0,1 | 3,1±0,1<br>2,6±0,1 |
| Масова частка жиру, % | 1,00±0,05 | 1,00±0,05 | 1,00±0,05 | 1,00±0,05 | 1,00±0,05 |
| Масова частка лактози, % | 4,7±0,1 | 4,3±0,1 | 3,9±0,1 | 3,7±0,1 | 4,7±0,1 |
| Масова частка мінеральних речовин, % | 0,45±0,05 | 0,45±0,05 | 0,44±0,05 | 0,43±0,05 | 0,47±0,05 |
| Титрована кислотність, °Т | 20±1 | 21±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 | 6,5±0,1 |
| Оптична густина, оп. од. | 0,89 | 0,67 | 0,57 | 0,55 | 1,01 |

Експериментально встановлено, що під час декальцифікації молока знежиреного спостерігається зменшення масової частки сухих речовин – із 9,55±0,1% (зразок 1) до 8,37±0,1% (зразок 4). Це, імовірно, пов’язано з виведенням низькомолекулярних з’єднань (лактоза, розчинні мінеральні солі тощо) разом із комплексом альгінату кальцію. Достовірно встановлено

зменшення вмісту лактози – з 4,7±0,1% (зразок 1) до 3,7±0,1% (зразок 4). Зміна вмісту інших речовин знаходиться в межах похибки вимірювання. У низці 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). Зафіксоване зниження оптичної густини молока знежиреного, імовірно, внаслідок розпаду міцел казеїну, що повною мірою узгоджується з його органолептичними показниками. Фізичні та фізико-хімічні показники молока знежиреного з підвищеним вмістом кальцію (зразок 5) тотожні контрольному зразку 1.

Досліджено зміни вмісту основних мікроелементів у молоці знежиреному під час декальцифікації та за додаткового введення кальцію (табл. 2.8).

*Таблиця 2.8* – **Вміст основних мікроелементів у молоці знежиреному як технологічній системі для одержання сиру кисломолочного**

| Найменування мінеральних речовин | Вміст мінеральних речовин та основних мікроелементів в молоці знежиреному за вмісту кальцію в молоці, мг% / (% виведення (-) чи введення (+) кальцію до початкового значення) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1<br>132…137<br>контроль | 2<br>118…123<br>-(10…12)% | 3<br>90…105<br>-(20…25)% | 4<br>65…72<br>-(45…52)% | 5<br>145…147<br>+(9…11)% |
| калій, мг% | 155±5 | 155±5 | 155±5 | 153±5 | 155±5 |
| натрій, мг% | 12,0±0,5 | 23±1 | 45±1 | 78±1 | 12,0±0,5 |
| кальцій, мг% | 135±2 | 121±1 | 104±1 | 70±1 | 147±1 |
| магній, мг% | 12,0±0,5 | 13,0±0,5 | 15±1 | 15,0±0,5 | 11,0±0,5 |
| фосфор, мг% | 35±1 | 35±1 | 36±1 | 36±1 | 36±1 |

Експериментально встановлено, що за коливання масової частки мінеральних речовин в межах 0,45…0,47% під час декальцифікації молока знежиреного відбувається достовірне зменшення кальцію (зі 135±2 мг% до 70±1 мг% – зразки 1, 4). Разом з цим підвищується вміст натрію (з 12,0±0,5 мг% до 78±1 мг%), що є результатом протікання іонообмінної реакції. Уведення розчинної солі $CaCl_2$ приводить до закономірного підвищення вмісту кальцію до 147±1 мг%.

Кількісним елементним аналізом поверхні на детекторі Oxford X-max 80 додатково здійснено порівняльний аналіз елементного складу зразків молока знежиреного (зразок 1) та молока знежиреного декальцифікованого (на прикладі зразка 3). Цей метод дослідження дозволяє дослідити зміну окремих елементів у атомних відсотках (atomic%). Підтверджено, що під час декальцифікації за практично незмінного вмісту магнію, фосфору суттєво збільшується кількість натрію (з 10,5 atomic% до 29,1 atomic%) і зменшується вміст кальцію (із 22,2 atomic% до 7,7 atomic%).

Уважаємо за необхідне наголосити на тому, що визначені зміни складу та властивостей молока знежиреного під час декальцифікації мають констатуючий характер й потребують додаткової інтерпретації у взаємозв’язку з відповідними для сиру кисломолочного. Тож подальші дослідження спрямовані на

визначення впливу ступеня декальцифікації молока знежиреного на властивості сиру кисломолочного.

## 2.3. Визначення раціональних параметрів одержання напівфабрикатів із сиру кисломолочного

### *2.3.1. Дослідження впливу ступеня декальцифікації молока знежиреного на органолептичні, фізичні, фізико-хімічні та технологічні властивості сиру кисломолочного*

Як зазначалося в підрозділі 2.2, склад та властивості молока є вагомими чинниками, які впливають на його кислотну коагуляцію. В основу технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного покладено принципи колоїдної дестабілізації казеїну молока та виведення його в окрему фазу з подальшим видаленням із системи. Коагуляція білків молока не є самочинним та ізольованим процесом. Цей процес протікає на тлі інших, зокрема гідролізу вуглеводів молока, зниження pH та, як наслідок, зміни сольової рівноваги з накопиченням іонного кальцію. По суті, коагуляція є видимим результатом комплексного впливу на білки молока, зокрема казеїну, та зниження його колоїдної стабільності.

Згідно із сучасними уявленнями про закономірності та механізм процесу коагуляції білків молока (як визначального під час одержання сиру кисломолочного) поряд з іншими чинниками важливе значення у згортанні молока має кальцій, роль якого полягає у зв'язуванні вільних ОН-груп фосфорної кислоти казеїнових міцел. Унаслідок вищезазначеного зменшується їх від'ємний заряд, знижується колоїдна стабільність, що приводить до зниження гідрофільності з подальшою агрегацією казеїнових молекул. З одного боку, цей процес є позитивним, оскільки саме за його перебігу формується білковий згусток сиру кисломолочного, а з іншого, – за надмірного вмісту кальцію негативним, що виявляється в утворенні сухої та крихкої консистенції.

У роботах [37; 38; 53; 56] також ідеться про те, що вміст кальцію в молоці впливає на тривалість індукційного періоду кислотного згортання, швидкість агрегації міцел казеїну, міцність згустку та його синергетичні властивості.

Відповідно до завдань дослідження визначено закономірності впливу ступеня декальцифікації молока знежиреного на органолептичні, фізичні, фізико-хімічні та технологічні показники сирів кисломолочних як структурної основи напівфабрикатів.

Зразки сиру кисломолочного з молока знежиреного та молока знежиреного декальцифікованого одержували за традиційною технологією кислотним способом з молока однієї партії (рис. 2.3).

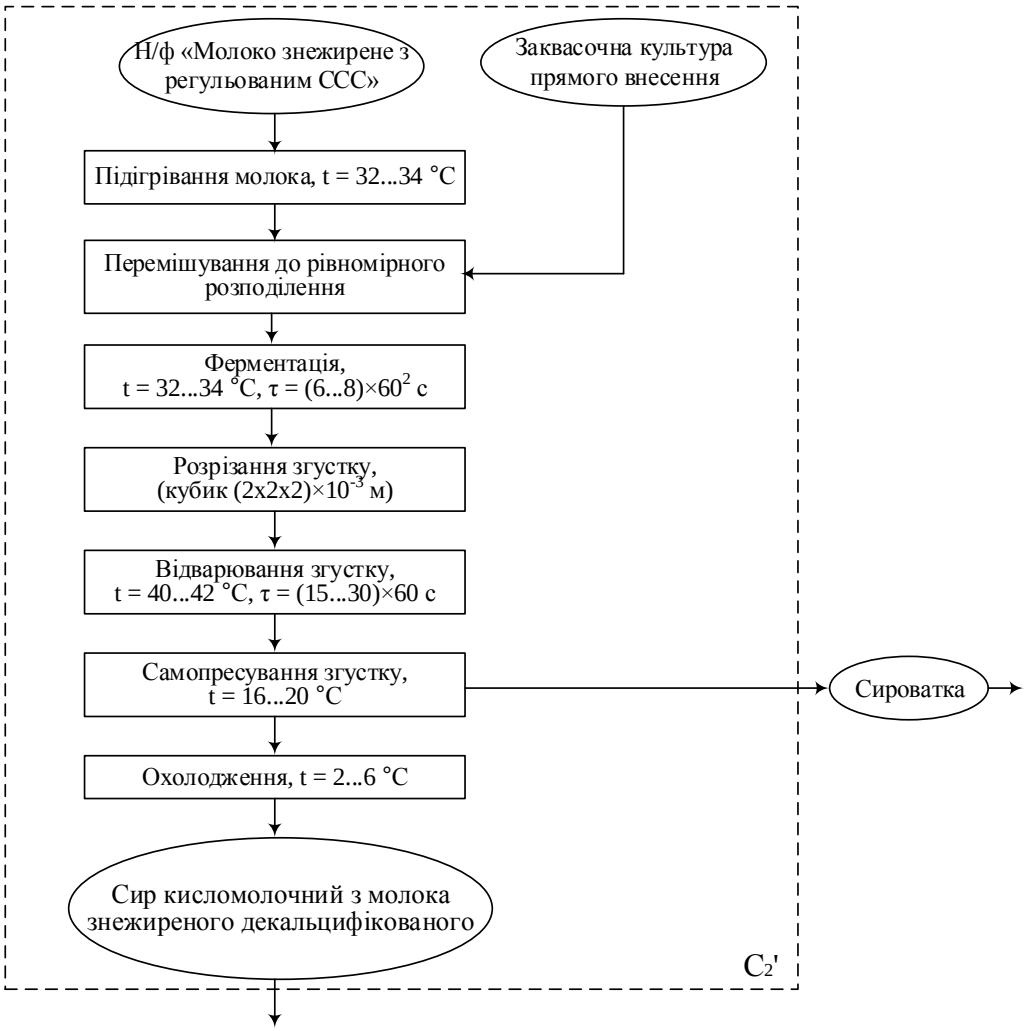



**Рисунок 2.3 – Технологічна схема виробництва сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого**

Молоко пастеризували за температури 78…80ºС протягом (20…30)×60 с та охолоджували до температури 32…34ºС. У підготовлене молоко вносили заквасочну культуру прямого внесення та піддавали термостатуванню за температури 32…34ºС протягом (6…8)×$60^2$ с до pH 4,6…4,7. Утворений згусток розрізали на кубики розміром (2×2×2)×$10^{-2}$ м для кращого відділення сироватки. Для прискорення відділення сироватки готовий згусток піддавали тепловій обробці до температури 40…42ºС протягом (15…30)×60 с. Відварений згусток відділяли від сироватки та піддавали самопресуванню за температури 16…20ºС. Одержаний згусток охолоджували до температури 2…6ºС.

Досліджено активну кислотність та накопичення кальцію під час ферментації молока (рис. 2.4, 2.5).

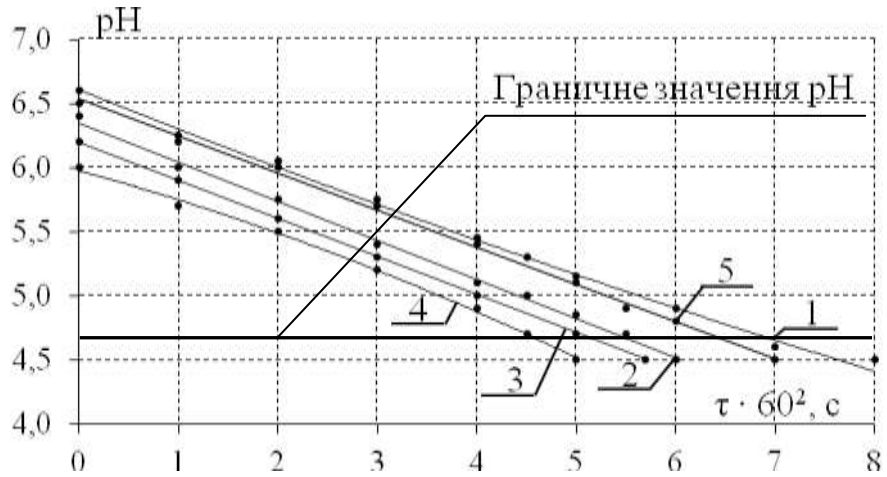



**Рисунок 2.4 – Активна кислотність молока знежиреного під час ферментації за різного вмісту кальцію, мг%: 1 – 132…137; 2 – 118…123; 3 – 90…105; 4 – 65…72; 5 – 145…147**

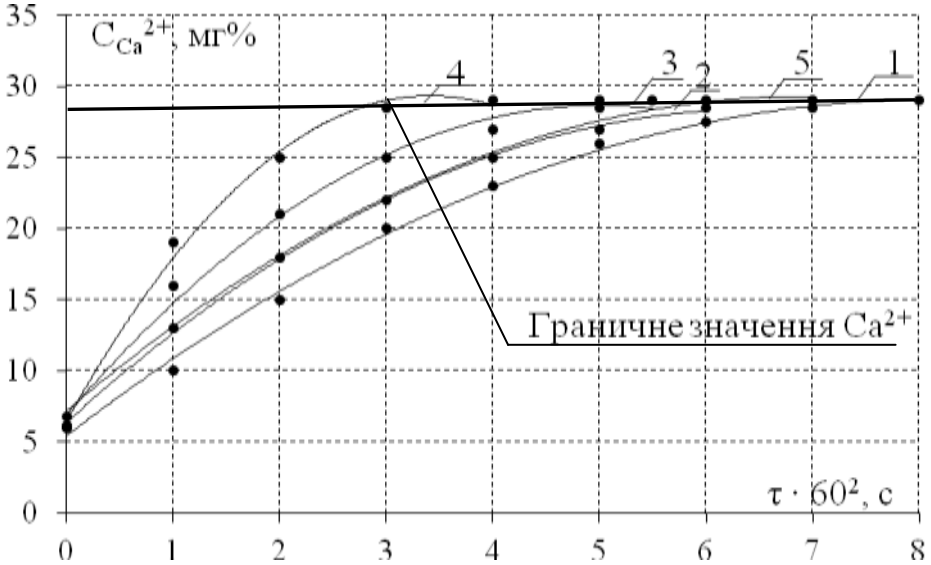



**Рисунок 2.5 – Накопичення іонного кальцію під час ферментації молока знежиреного за різного вмісту кальцію, мг%: 1 – 132…137;2 – 118…123; 3 – 90…105; 4 – 65…72; 5 – 145…147**

Із даних рис. 2.4, 2.5 видно, що під час ферментації молока та утворення білкового згустку відбувається зниження pH системи з одночасним накопиченням іонного кальцію. Тривалість цього процесу традиційно визначають за pH, яке наприкінці процесу повинно досягти значень 4,6…4,7 та зазвичай становить (6…8)×60$^2$ с. Аналіз одержаних результатів дозволяє стверджувати, що підвищення активної кислотності молока відбувається досить рівномірно – з 6,6 до 4,7. Звертає на себе увагу, що зі зменшенням масової частки кальцію в молоці тривалість досягнення граничного значення pH 4,7 зменшується. Так, для зразка 1 (контроль) значення pH за інших рівних умов досягається через 7,0×60$^2$ с, зразків 2, 3, 4 – 5,7×60$^2$ с, 5,0×60$^2$ с та 4,5×60$^2$ с

відповідно. Видно, що всі прямі мають однаковий кут нахилу. Це дозволяє дійти до висновку, що швидкість процесу є близькою, вирішальний вплив на зміни активної кислотності чинить початкове значення pH молока та об'єктивний процес гідролізу лактози.

Аналіз даних, наведених на рис. 2.5, дозволяє визначити закономірності накопичення іонного кальцію під час ферментації молока за різного вмісту кальцію. Видно, що залежно від ступеня декальцифікації тривалість накопичення граничного значення $Ca^{2+}$ (28,1±0,1 мг%) коливається від $7,8\times60^2$ с (зразок 1, контроль) до $4,0\times60^2$ с (зразок 4). Процес ферментації приводить до перерозподілу міцелярної та іонної форм кальцію в системі. Це зміщує рівновагу в системі в бік накопичення іонного кальцію.

Важливими із точки зору розуміння взаємозв'язку вмісту кальцію в молоці зі зміною pH та накопиченням іонного кальцію є результати, представлені на рис. 2.6.

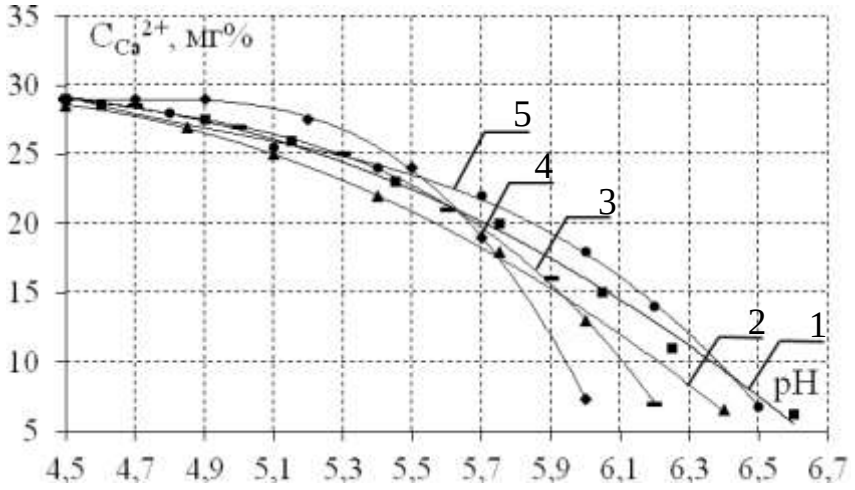



**Рисунок 2.6 – Вміст іонного кальцію в молоці знежиреному залежно від pH під час ферментації за вмісту кальцію, мг% 1 – 132…137; 2 – 118…123; 3 – 90…105; 4 – 65…72; 5 – 145…147**

Установлено, що швидкість накопичення іонного кальцію в інтервалі pH 6,7…4,5 має різну динаміку й залежить від початкового вмісту кальцію в молоці. Про це свідчить кут нахилу дотичної до окремих ділянок кривих 1…5. Так, в інтервалі pH 6,6…5,7 швидкість накопичення іонного кальцію для зразків 1, 2, 3 ,4 становить 15,3; 16,2; 28,2; 39,0 мг% $Ca^{2+}$/1,0 од. pH. В інтервалі pH 4,5…5,7 швидкість накопичення іонного кальцію знижується й для зразків 1…4 коливається в межах 6,6…8,8 мг% $Ca^{2+}$/1,0 од. pH.

Одержані дані є підтвердженням того, що ступінь декальцифікації молока впливає на процес ферментації: зниження вмісту кальцію в молоці знежиреному інтенсифікує накопичення іонного кальцію в системі, і, відповідно, впливає на властивості згустку, що утворюється.

У технологічному потоці виробництва сиру кисломолочного здійснено органолептичне оцінювання згустку, сироватки та сиру кисломолочного; досліджували вологовидільну здатність згустку, вміст сухих речовин та білка в

сироватці, кислотність, вологість та вихід сиру кисломолочного (табл. 2.9–2.11).

Експериментально встановлено, що зменшення вмісту кальцію в молоці знежиреному впливає на органолептичні та фізико-хімічні показники сироватки та згустку, що одержують у технологічному потоці виробництва сиру кисломолочного. Виявлено, що зі зменшенням вмісту кальцію (у низці зразків 1→4) збільшується вміст сухих речовин у сироватці – з 5,8% до 7,3%. Це обумовлено розпадом міцел казеїну на дрібні субміцели, які залишаються в сироватці після відділення згустку, й підтверджується підвищенням масової частки розчинного білка в сироватці. Також спостерігається поява білкового пилу (зразок 4) та погіршення відділення сироватки (зразок 4). Сироватка стає мутною. Й навпаки, зі збільшенням вмісту кальцію в молоці знежиреному (зразок 5) спостерігається зменшення вмісту сухих речовин, зокрема розчинного білка у сироватці, сироватка прозора, згусток щільний.

*Таблиця 2.9* – **Фізико-хімічні та органолептичні показники сироватки та згустку, одержаного з молока знежиреного за різного вмісту кальцію в молоці**

| Найменування показника | Характеристика зразків за вмісту кальцію в системі, мг% / (% виведення (-) чи введення (+) кальцію до початкового значення) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1<br>132…137<br>контроль | 2<br>118…123<br>-(10…12)% | 3<br>90…105<br>-(20…25)% | 4<br>65…72<br>-(45…52)% | 5<br>145…147<br>+(9…11)% |
| Масова частка сухих речовин у сироватці, % | 5,8±0,1 | 5,8±0,1 | 6,2±0,1 | 7,3±0,1 | 5,0±0,1 |
| Масова частка розчинного білка в сироватці, % | 3,5±0,1 | 3,9±0,1 | 4,2±0,1 | 8,9±0,1 | 3,0±0,1 |
| ВВЗ згустку, $см^3$ сироватки | 3,0±0,1 | 2,5±0,1 | 2,4±0,1 | 2,0±0,1 | 5,8±0,1 |
| Характеристика сироватки | Прозора, блідо-зелена | Прозора, блідо-зелена | Злегка мутна, біло-зелена | Мутна, з білковим пилом | Прозора, зеленувата |
| Характеристика згустку | Щільний, з характерним сколом, добре відділяє сироватку | | Щільний, злегка в’язкуватий | Не щільний, погано відділяє сироватку | Щільний |

Досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники, вихід сиру кисломолочного, одержаного з молока знежиреного за різного вмісту кальцію (табл. 2.10, 2.11), розрахунковим шляхом визначено ступінь використання сухих речовин молока.

*Таблиця 2.10* – **Органолептичні показники сиру кисломолочного, одержаного з молока знежиреного за різного вмісту кальцію в молоці**

| Найменування показника | Характеристика зразків сиру кисломолочного за вмісту кальцію в молоці, мг% / (% виведення (-) чи введення (+) кальцію до початкового значення) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1<br>132…137<br>контроль | 2<br>118…123<br>-(10…12)% | 3<br>90…105<br>-(20…25)% | 4<br>65…72<br>-(45…52)% | 5<br>145…147<br>+(9…11)% |
| Консистенція та зовнішній вигляд | Розчипчаста, крупчаста, з вираженою зернистістю, незначне виділення сироватки | Мазка, крупчастість відсутня, сироватка не відділяється | | М'яка, крупчастість відсутня, з незначною кількістю сироватки, що відділяється | Неоднорідна, з вираженою зернистістю та крупчастістю, значною кількістю сироватки, що відділяється |
| Смак та запах | Характерний кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів | | | | Характерний кисломолочний, із гірким присмаком, без сторонніх запахів |
| Колір | Білий, із кремовим відтінком, рівномірний за всією масою | | | | |

*Таблиця 2.11* – **Фізико-хімічні показники сиру кисломолочного, одержаного з молока знежиреного за різного вмісту кальцію в молоці**

| Найменування показника | Характеристика зразків сиру кисломолочного за вмісту кальцію в молоці, мг% / (% виведення (-) чи введення (+) кальцію до початкового значення) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1<br>132…137<br>контроль | 2<br>118…123<br>-(10…12)% | 3<br>90…105<br>-(20…25)% | 4<br>65…72<br>-(45…52)% | 5<br>145…147<br>+(9…11)% |
| Масова частка вологи, % | 75,3±0,1 | 75,7±0,1 | 76,8±0,1 | 67,6±0,1 | 74,9±0,1 |
| Масова частка білка,% | 18,9±0,1 | 18,5±0,1 | 18,3±0,1 | 17,2±0,1 | 19,2±0,1 |
| Масова частка мінеральних речовин, % | 1,25±0,05 | 1,16±0,05 | 1,14±0,05 | 1,10±0,05 | 1,29±0,05 |
| pH | 4,65±0,5 | 4,65±0,5 | 4,65±0,5 | 4,95±0,5 | 4,65±0,5 |
| ВУЗ, % | 42,0±1,0 | 49,6±1,0 | 52,2±1,0 | 33,5±1,0 | 40,7±1,0 |
| Вихід, % | 15,7±0,5 | 16,5±0,5 | 18,9±0,5 | 11,6±0,5 | 15,9±0,5 |
| Ступінь використання сухих речовин молока, % | 55 | 54 | 54 | 46 | 58 |

Кількісним елементним аналізом поверхні на детекторі Oxford X-max 80 здійснено порівняльний аналіз елементного складу зразків сиру кисломолочного, одержаного з молока знежиреного за різного початкового вмісту кальцію (зразок 1 – вміст кальцію 132…137 мг%, зразок 3 –

90…105 мг%). Установлено, що процес декальцифікації не суттєво впливає на мінеральний склад сиру кисломолочного, зокрема на вміст кальцію та натрію, як це спостерігалося для молока як вихідної сировини для виробництва сиру кисломолочного. Імовірно, це пов'язано з тим, що об'єктивним перебігом технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного є зсув сольової рівноваги в молоці у бік накопичення іонного кальцію, що приводить до дестабілізації структурних елементів молока, зокрема руйнування хелатних елементоорганічних високомолекулярних з'єднань. За цих умов, по-суті, відбувається демінералізація (декальцифікація) казеїнових міцел й кількісні зміни $Na^{+} \rightarrow Ca^{2+}$ здебільшого залежать вже не від початкового вмісту кальцію, а від інших чинників. Так, відповідно дослідження вміст натрію та кальцію в зразках сиру кисломолочного становить 12,0 atomic% та 15,8 atomic% (сир кисломолочний із молока знежиреного) проти 16,3 atomic%та 13,2 atomic% (сир кисломолочний із молока знежиреного декальцифікованого).

Процес декальцифікації молока значним чином визначає властивості сиру кисломолочного, виготовленого на його основі. Виявлено взаємозв'язок між властивостями молока знежиреного, згустку та сиру кисломолочного, одержаних у технологічному потоці. Експериментально доведено, що регулювання вмісту кальцію в молоці знежиреному (зниження – за рахунок використання природного іонообмінника альгінату натрію, підвищення – за рахунок введення хлористого кальцію) дозволяє досягти різних технологічних ефектів.

Узагальнення результатів дослідження (табл. 2.10, 2.11, рис. 2.7, 2.8) дозволяє виявити такі закономірності: зменшення вмісту кальцію в молоці знежиреному за незмінних смаку, запаху та кольору суттєво впливає на консистенцію та зовнішній вигляд сиру кисломолочного. Контрольний зразок 1 характеризується розсчипчастою, крупчастою консистенцією, з вираженою зернистістю та незначним виділенням сироватки. Для зразків 2, 3 характерним є мазка консистенція, відсутність крупчастості та відділення сироватки. Достовірно встановлено, що в низці 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 молока мають дещо інший (екстремальний) характер. Виявлено, що зменшення вмісту кальцію в молоці знежиреному на 10…25% (зразки 2, 3) призводить до підвищення ВУЗ та виходу. Одночасно виведення кальцію з молока в кількості 45…52% під час декальцифікації (зразок 4) суттєво погіршує вищезазначені показники. Для зразка 4 характерним є зменшення ВУЗ до 33,5±1,0%, виходу – до 11,6±0,5%. Одержаний розрахунковим шляхом показник ступеня використання сухих речовин молока повністю корелює з вищезазначеними закономірностями.

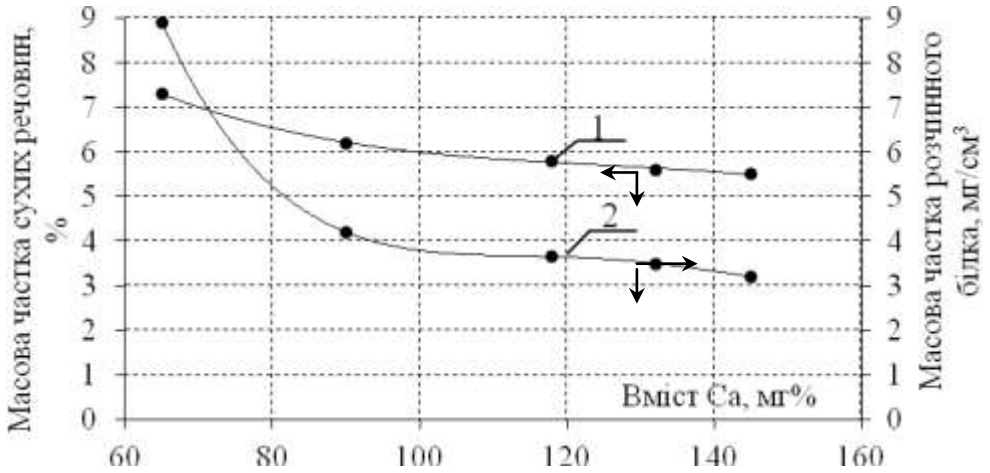



**Рисунок 2.7 – Масова частка сухих речовин (1) та розчинного білка (2) в сироватці, одержаної під час ферментації молока знежиреного за різного вмісту кальцію**

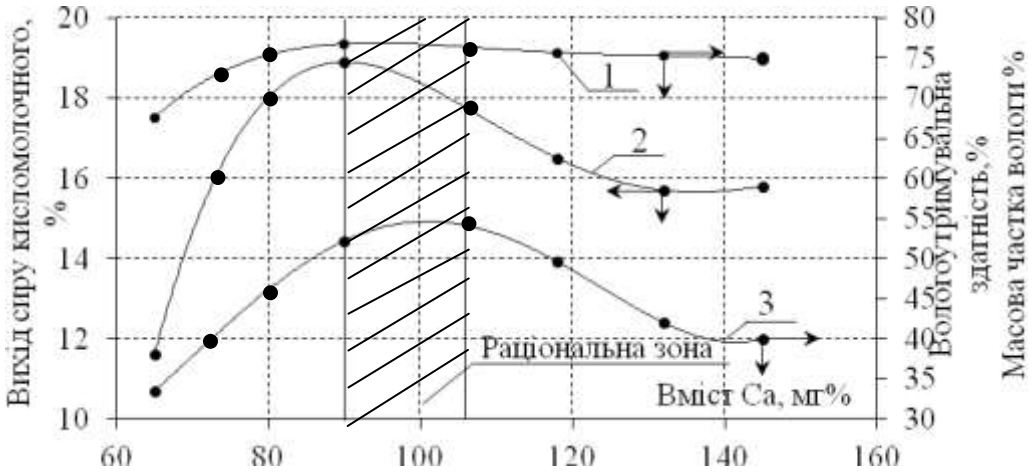



**Рисунок 2.8 – Масова частка вологи (1), вихід (2) та ВУЗ (3) сиру кисломолочного, одержаного з молока знежиреного за різного вмісту кальцію**

Для встановлення впливу вмісту кальцію в молоці знежиреному на властивості дисперсної системи, якою є сир кисломолочний, здійснено порівняльний аналіз мікроструктури та розмірів частинок дисперсної фази контрольного та дослідних зразків продукту (рис. 2.9). Оцінювання мікроструктури сиру кисломолочного проводили за допомогою світлового мікроскопу з цифровою фотонасадкою за збільшення × 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.

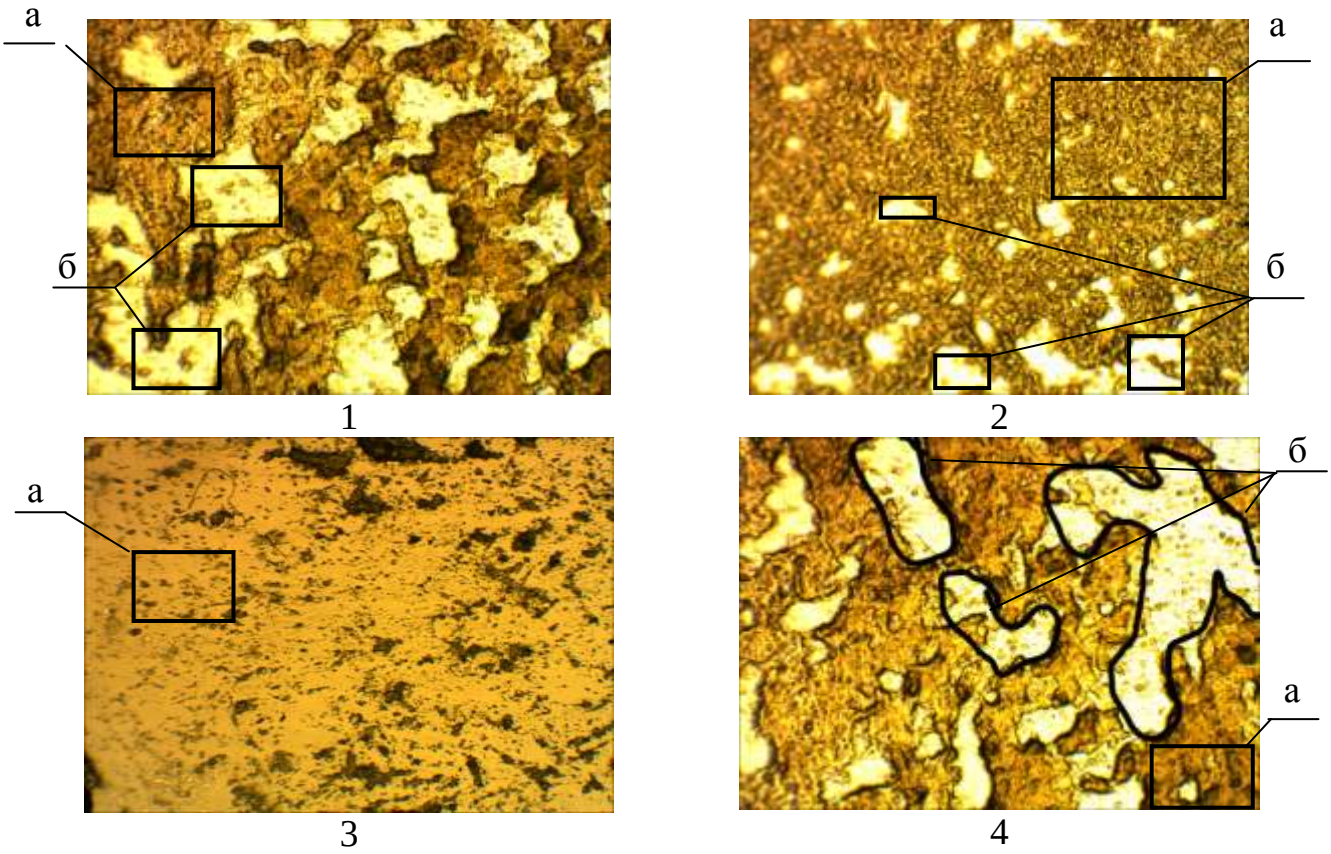



**Рисунок 2.9 – Мікроструктура (за збільшення × 40 разів) сиру кисломолочного, одержаного з молока знежиреного за вмісту кальцію в молоці, мг% (1 – 132…137; 2 – 90…105, 3 – 65…72, 4 – 145…147); а – білкові зерна, б – мікропорожнечі**

Під час мікроструктурних досліджень 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, у свою чергу, впливає на ступінь синерезису та вологоутримувальну здатність продукту. Рідинні прошарки між макро- та мікрозернами зумовлюють меншу міцність структури, але надають пластичності: що більші розмір та кількість прошарків, то менша міцність структури.

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 мікропорожнечі, які, по-суті, є капілярами. Зменшення вмісту кальцію в молоці знежиреному приводить 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. Аналіз мікроструктури зразка 4 вказує на більш виражену агломерацію білкових макрозерен, наявність великої кількості більших за розміром мікропорожнеч.

Для кількісного оцінювання дисперсності зразків сиру кисломолочного готували препарати після розведення продукту з водою у співвідношенні 1:200. Мікроскопіювання зразків сиру кисломолочного здійснювали за допомогою мікроскопа «Биолам Р15» з цифровою камерою-окуляром ScopeTek DCM–130 E 1.3Mp з одержанням фотографій за допомогою програмного засобу Scope Photo 3.0. Обробку даних мікрофотографій та визначення середнього діаметра білкових частинок здійснювали автоматизовано за допомогою програмного засобу з відкритим вихідним кодом ImageJ 1.47.

Узагальнені дані щодо розподілення білкових частинок сиру кисломолочного за розмірами наведено в табл. 2.12.

*Таблиця 2.12* – **Розподілення білкових частинок сиру кисломолочного за розмірами, одержаного з молока знежиреного за різного вмісту кальцію в молоці**

| Розмір білкових частинок (L), мкм | Вміст білкових частинок у зразках сиру кисломолочного за вмісту кальцію в молоці, мг % / (% виведення (-) чи введення (+) кальцію до початкового значення) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1<br>132…137<br>контроль | 2<br>118…123<br>-(10…12)% | 3<br>90…105<br>-(20…25)% | 4<br>65…72<br>-(45…52)% | 5<br>145…147<br>+(9…11)% |
| ≤10,0 | 13,3 | 22,3 | 36,7 | 40,1 | 5,7 |
| 10,0<L≤20,0 | 36,8 | 40,2 | 46,7 | 47,3 | 29,0 |
| 20,0<L≤30,0 | 33,3 | 24,4 | 7,6 | 7,5 | 32,5 |
| 30,0<L≤40,0 | 10,0 | 10,0 | 9,0 | 5,1 | 14,4 |
| >40,0 | 6,6 | 3,1 | – | – | 18,4 |
| Узагалі | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Середній діаметр | 21,9 | 19,4 | 15,7 | 14,8 | 27,3 |

Аналіз даних дозволяє виявити, що мікроструктуру контрольного зразка 1 (рис. 2.8, 1) представлено переважно білковими частинками з еквівалентним діаметром 10…30 мкм, на частку яких припадає 83,4%. 13,3% складають часточки з розміром менше ніж 10,0 мкм. Решта (16,6%) становлять частки з еквівалентним діаметром >30,0 мкм. У зразках сиру кисломолочного, виготовленого з молока знежиреного зі зниженим вмістом кальцію (рис. 2.8, 2–4), спостерігається перерозподіл еквівалентного діаметра білкових частинок у бік підвищення їх дисперсності. Так, для зразків 2 та 3 характерним є збільшення масової частки білкових частинок з еквівалентним діаметром ≤10,0 мкм до 22,3% та 36,7% відповідно, зменшення масової частки білкових частинок з еквівалентним діаметром 20,0<L≤30,0 до 24,4% та 7,6% відповідно, відсутність частинок з розмірами >40,0 мкм. Ще більш високою дисперсністю характеризується зразок 4, у складі якого переважають білкові частинки з еквівалентним діаметром ≤10,0 мкм та 20,0<L≤30,0. Експериментально доведено, що додаткове введення кальцію до системи у вигляді розчинної солі

$CaCl_2$ приводить до зменшення дисперсності, формування білкових частинок з превалюючим еквівалентним діаметром 30 мкм і більше.

Повною мірою з результатами дослідження впливу вмісту кальцію на розмірні характеристики білкових частинок корелюють й результати вивчення їх седиментаційної стійкості (рис. 2.10).

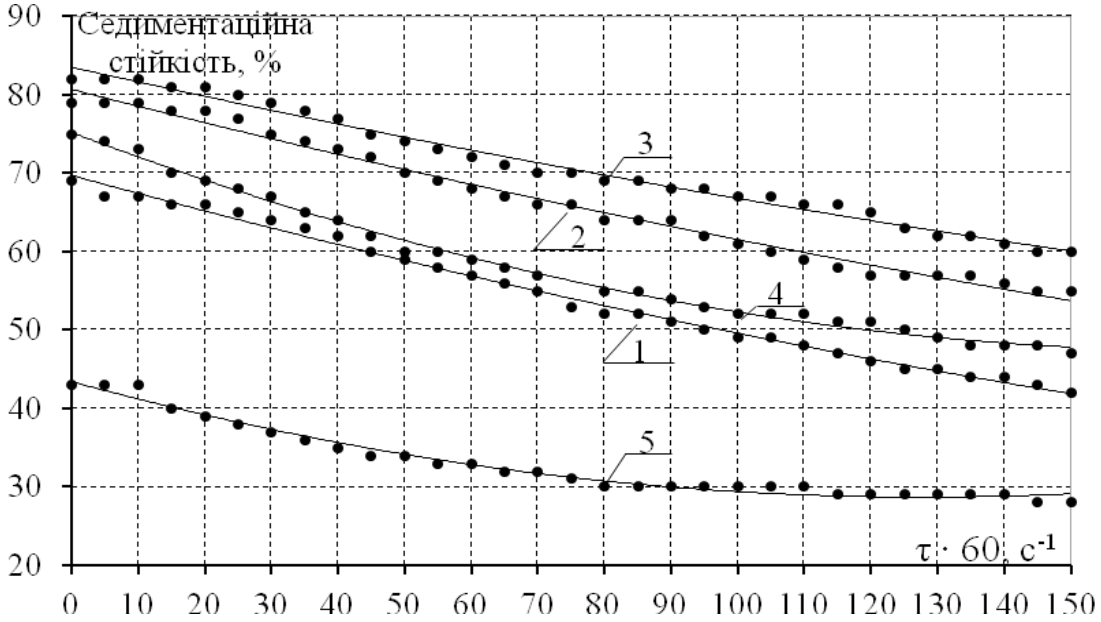



**Рисунок 2.10 – Седиментаційна стійкість білкових частинок сиру кисломолочного, одержаного з молока знежиреного за вмісту кальцію в молоці, мг%: 1 – 132…137; 2 – 118…123; 3 – 90…105, 4 – 65…72, 5 – 145…147**

Виявлено пряму залежність між розмірами білкових частинок (табл. 2.12) та седиментаційною стійкістю систем (рис. 2.10), що досліджувалися. Установлено, що за зниженого вмісту кальцію, який приводить до збільшення фракцій часточок із меншим діаметром, спостерігається підвищення колоїдної стабільності. Це обумовлює підвищення стійкості системи до розшарування. Так, зниження вмісту кальцію до рівня 90…105 мг% збільшує седиментаційну стійкість у 1,4 разу, підвищення вмісту кальцію в системі призводить до протилежного ефекту: зниження седиментаційної стійкості у 1,5 разу порівняно з контролем.

Цікавим із наукової та практичної точки зору є висвітлення результатів, одержаних в області нераціональних (з огляду виробництва сиру кисломолочного) параметрів декальцифікації молока знежиреного (зразки 2, 4). Так, виведення з молока знежиреного кальцію в кількості 10…12% до первинного вмісту приводить до одержання сиру кисломолочного, який за органолептичними, фізичними та фізико-хімічними показниками наближений до контрольного зразка. Зразок 2 характеризується мазкою консистенцією, більш однорідною порівняно з контрольним зразком дрібнодисперсною структурою, крупчастість відсутня, сироватка не відділяється. За близьких до контрольного зразка 1 масової частки вологи та білка (табл. 2.12) в зразка 2 спостерігається підвищення ВУЗ (з 42,0±1,0% до 49,6±1,0%) та виходу (з

15,7±0,5% до 16,5±0,5%). З одного боку, інтервал вмісту кальцію в зразку 2 знаходиться в області близьких до раціональних з огляду на вимоги до сиропридатності молока, з іншого, – віддзеркалює закономірності зміни властивостей харчових систем під час декальцифікації.

Підвищення ступеня декальцифікації молока більше за раціональні значення (зразок 4) призводить до суттєвого погіршення фізико-хімічних показників сиру кисломолочного. Імовірно, внаслідок підвищення ступеня дисоціації казеїнових міцел, зниження їх молекулярної маси та підвищення розчинності спостерігається зменшення масової частки білка, зниження ВУЗ та виходу готового продукту. При цьому зафіксовано однорідність структури без порожнеч та прошарків (рис. 2.9, 4). 83,4% білкових частинок зразка 4 мають еквівалентний діаметр ≤ 20,0 мкм, що свідчить про високу дисперсність останніх (табл. 2.12). Тож зв'язування та виведення з молока знежиреного понад 45% кальцію до його початкового значення не є раціональним для виробництва сиру кисломолочного. Разом із тим одержані результати відкривають перспективи використання процесу декальцифікації для одержання концентратів молочних білків із новими технологічними властивостями: дисперсністю, розчинністю, здатністю до емульгування, які можуть бути використані як білкові збагачувачі, білкові замінники жиру тощо.

Узагальнення результатів дослідження дозволяє визначити, що раціональним є виведення з молока знежиреного як технологічної системи 20…25% кальцію до початкового значення. За цих умов утворюється сир кисломолочний, який характеризується мазкою консистенцією, із відсутністю крупчастості та відділення сироватки. Вищезазначений зразок сиру кисломолочного порівняно з контрольним зразком характеризується більшим в 1,2 разу показником ВУЗ (52,2±1,0% та 42,0±1,0% відповідно), більшою масовою часткою вологи (76,8±1,0% та 75,3±1,01% відповідно), що збільшує вихід готового продукту на 16,9%. Також визначено, що під час декальцифікації молока знежиреного спостерігається зменшення масової частки сухих речовин (з 9,55±0,1% до 8,57±0,1%) переважно за рахунок вмісту лактози. Однак при цьому ступінь використання сухих речовин молока практично не змінюється й становить 55% та 54% відповідно.

Установлено, що за вищезазначених раціональних параметрів декальцифікації молока знежиреного 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 кальцію в молоці спостерігається підвищення дисперсності казеїнових фракцій, що приводить до підвищення седиментаційної стійкості їх водних дисперсій.

Вирішення власне цього завдання передбачене інноваційним задумом. Одержані результати повною мірою співвідносяться з фундаментальними дослідженнями впливу зв'язування кальцію шляхом іонообмінної обробки на дисоціацію казеїнових міцел [25; 32; 34; 41; 78]. Автори досліджень відзначають, що процес декальцифікації молока супроводжується підвищенням

розчинності казеїнових міцел та зміною їх структури з підвищенням функціональності останніх.

Із наукової точки зору одержані результати можна інтерпретувати як руйнування казеїнаткальційфосфатного комплексу з одночасним розпадом міцели казеїну на субміцели. Із практичної точки зору реалізація запропонованої технології за обґрунтованих параметрів дозволяє одержувати сир кисломолочний із високою дисперсністю, вологоутримувальною здатністю, однорідною структурою.

*2.3.2. Дослідження впливу ступеня декальцифікації молока знежиреного на структурно-механічні показники та форми зв'язку води сиру кисломолочного*

З урахуванням одержаних результатів, у межах яких визначено раціональні параметри декальцифікації молока знежиреного (виведення з системи 20…25% кальцію до початкового значення), надалі дослідження структурно-механічних показників, форм зв'язку та інших показників сиру кисломолочного здійснювали для зразка 3 (вміст кальцію 90…105 мг%) порівняно з контрольним зразком 1 (вміст кальцію 132…137 мг%). Структурно-механічні властивості дослідних зразків визначали за кривими деформації в умовах лінійної течії (рис. 2.11). Зведені дані структурно-механічних показників наведено у табл. 2.13. Структурно-механічні властивості зразків сиру кисломолочного визначали на еластопластометрі Толстого. Метод вимірювання заснований на визначенні деформації зсуву, віднесеної до товщини зразка за постійного напруження [168].

Згідно з класифікацією А. П. Ребіндера сир кисломолочний належить до твердоподібних молочних продуктів, грубодисперсна пастоподібна система яких має виражене граничне напруження зсуву для пластично-в'язкого тіла. Типовими реологічними властивостями для неї є такі: ефективна та пластична в'язкість, тиксотропія, в'язкопружність, модуль пружності.

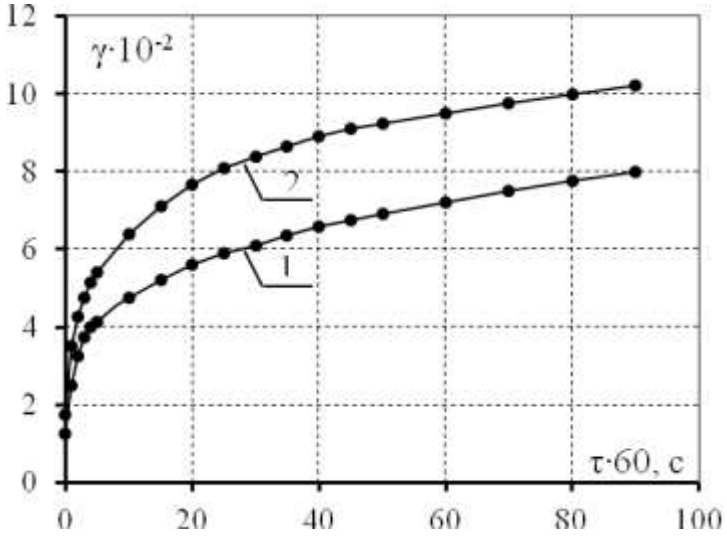



**Рисунок 2.11 – Криві повзучості зразків сиру кисломолочного з молока знежиреного (1) та молока знежиреного декальцифікованого (2)**

*Таблиця 2.13* – **Зведені дані структурно-механічних показників сиру кисломолочного, виготовленого з молока знежиреного та молока знежиреного декальцифікованого**

| Позначення | Найменування показника | Значення показників для сиру кисломолочного, одержаного з | |
|---|---|---|---|
| | | молока знежиреного (початковий вміст кальцію 132…137 мг%), м.ч. вологи = 75,3±0,1 % | молока знежиреного декальцифікованого (початковий вміст кальцію 90…105 мг%), м.ч. вологи = 76,8±0,1 % |
| $\gamma_{зв.}$ | Зворотна деформація | $5{,}75\times10^{-3}$ | $8{,}23\times10^{-3}$ |
| $\gamma_{нез.}$ | Незворотна деформація | $2{,}25\times10^{-3}$ | $2{,}03\times10^{-3}$ |
| $\gamma_{заг.}$ | Загальна деформація | $8{,}00\times10^{-3}$ | $10{,}25\times10^{-3}$ |
| $I$ | Податливість, $Па^{-1}$ | $1{,}22\times10^{-3}$ | $1{,}57\times10^{-3}$ |
| $G_{пр.}$ | Умовно миттєвий модуль пружності, Па | $3{,}9\times10^{3}$ | $2{,}8\times10^{3}$ |
| $G_{ел.}$ | Високоеластичний модуль (Па) | $1{,}6\times10^{3}$ | $1{,}1\times10^{3}$ |
| $\eta^*_0$ | Пластична в'язкість, Па·с | $1{,}57\times10^{7}$ | $1{,}74\times10^{7}$ |
| $K$ | Відношення деформації зворотної до загальної | 0,72 | 0,80 |

Аналіз динаміки розвитку деформації зразків сиру кисломолочного показує, що для них характерна наявність незворотної деформації плину. Для зразків сиру кисломолочного з декальцифікованого молока абсолютна величина загальної деформації порівняно з контрольним зразком збільшується в 1,3 разу ($10{,}3\cdot10^{-3}$ Па проти $8{,}0\times10^{-3}$ Па); однак одночасно спостерігається відносне збільшення частки зворотної деформації у її загальному обсязі (з 0,72 до 0,8), що свідчить про зростання пластичних властивостей.

Оскільки за умов лінійної течії зразків (в інтервалі часу (30…80)×60 с) для кривих, що досліджували, тангенс кута α похилою кривою течії є її перша похідна ($tg\ \alpha = \frac{\gamma 2 - \gamma 1}{t2 - t1}$), то його значення буде характеризувати в'язкість зразків сиру кисломолочного. Порівняльний аналіз течії кривих 1, 2 дозволяє виявити, що дотичні прямі розрізняються невеликим кутом нахилу, що свідчить про близькі значення в'язкості, які для сиру кисломолочного з молока знежиреного та молока знежиреного декальцифікованого становлять $1{,}57\times10^{7}$ Па×с та $1{,}74\times10^{7}$ Па×с відповідно.

Досліджено форми зв'язку вологи зразків сиру кисломолочного. Термогравіметричні дослідження форм зв'язків вологи в дослідних зразках проводили на дериватографі Q1500D. Термоаналітичні криві (ТГА), які наведено на рис. 2.12, свідчать, що під час нагрівання зразків сиру кисломолочного спостерігається монотонне зменшення маси; температура

початку втрати вологи для зразків сиру кисломолочного та сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого становить 31,1±0,1°С та 34,0±0,1°С відповідно. Процес розкладання зразків сиру кисломолочного відбувається ендотермічно в декілька стадій: на кривих зафіксовано ендоефекти, положення яких декілька розрізняється для зразків сиру кисломолочного та сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого.

Кожна стадія (діапазон) характеризує певний процес, який відбувається в зразках за температурного впливу. Під час нагрівання зразків сиру кисломолочного та сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого в температурному інтервалі 31…55°С (I діапазон) інтенсивність виділення вологи з білкової матриці зразків є невисокою, втрати маси становлять 2%. Це може бути вільна волога, яка знаходиться в порожнечах зразків.

У температурному інтервалі 55…85°С (II діапазон) інтенсивність втрати вологи значно збільшуються. Втрати маси на цьому етапі для зразків сиру кисломолочного та сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого становлять 10% та 8% відповідно. Вочевидь, втрати маси зразками сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого за більшої вологості є дещо меншими. Це імовірно пояснюється як більшим вмістом розчинних білків у складі сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого й колоїдним станом сиру кисломолочного, який є кислотним ліогелем з високою здатністю до синерезису. Відомо, що ступінь синерезису пов’язаний 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, згідно з якими у зразках сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого вони є меншими. Імовірно на цьому етапі видаляється механічно зв’язана волога, яка знаходиться в порожнечах кисломолочного згустку, що утворився в результаті коагуляції казеїну.

У температурному інтервалі 85…140°С (III діапазон) спостерігається суттєві втрати маси зразками. У цьому діапазоні температур спостерігається значний ендотермічний пік, який віддзеркалює суттєве зниження гідратаційної здатності білків, видалення вологи, що є зв’язаною з білками. Із наведених на рис. 2.12 графіках видно, що температурні інтервали максимальної швидкості випаровування вологи відрізняються між собою й становлять для зразків сиру кисломолочного 110…130°С, сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого – 112…140°С. У цьому інтервалі температур відбувається дегідратація систем, що супроводжується високою швидкістю випаровування вологи. Проте наявність більш широкого інтервалу максимальної швидкості випаровування вологи для зразків сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого та більш високої початкової температури (112°С проти 110°С) свідчить про більш високий ступінь зв’язування вологи, що імовірно пояснюється більшою гідрофільністю системи за рахунок збільшення в дисперсійному середовищі розчинних білків.

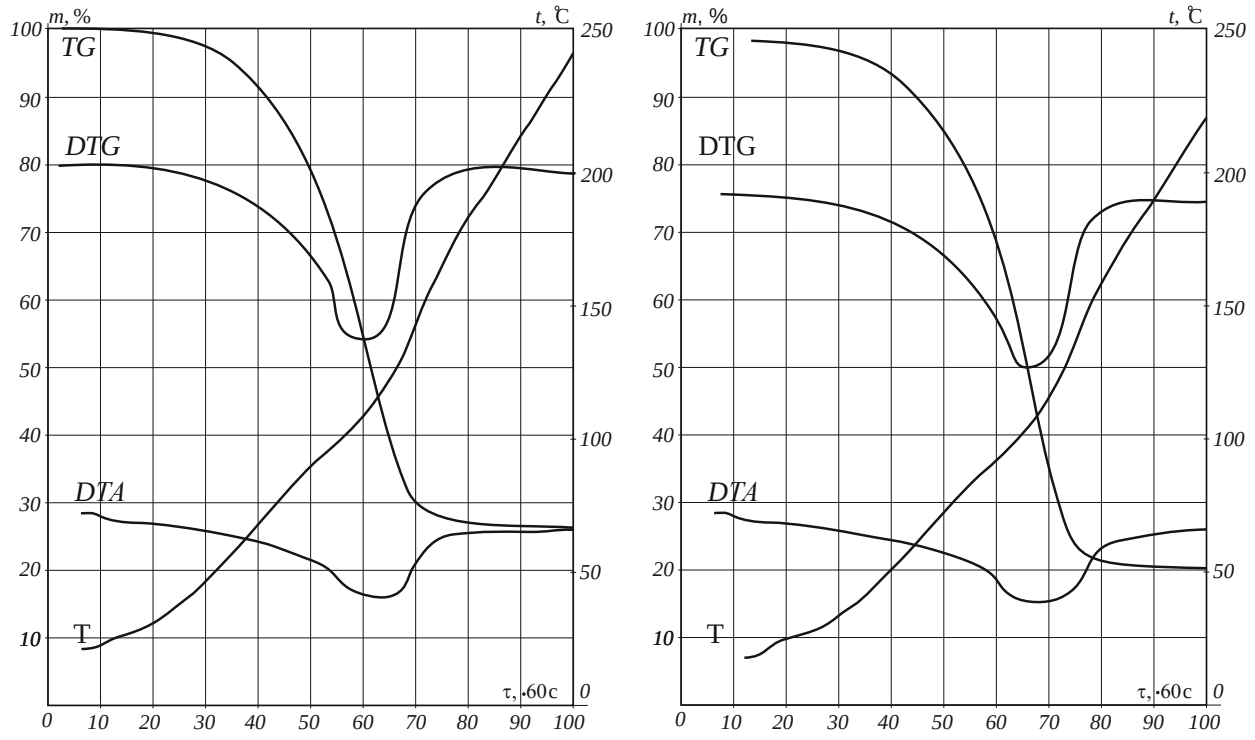



**Рисунок 2.12 – Дериватограми зразків сиру кисломолочного, одержаних з: 1 – молока знежиреного; 2 – молока знежиреного декальцифікованого**

*Таблиця 2.14 –* **Зведені дані термографічного аналізу зразків сиру кисломолочного**

| Найменування зразків | Температура початку втрати вологи, °С | Температурний інтервал максимальної швидкості випаровування вологи, °С | Швидкість випаровування вологи в інтервалі максимальної швидкості, °С/с | Втрати маси зразків в інтервалі максимальної швидкості, % до початкової маси |
|---|---|---|---|---|
| Сир кисломолочний (контрольний зразок) | 31 | 110…130 | 0,03 | 21,2 |
| Сир кисломолочний з молока знежиреного декальцифікованого | 34 | 112…140 | 0,03 | 30,0 |

Більш ретельну інформацію про форми зв’язку води одержано з основних положень молекулярно-кінетичної теорії, до методів досліджень якої належить ЯМР-радіоспектроскопія [169]. Під час аналізу даних ЯМР виходили з

розуміння, що часи релаксації протонів водню корелюють із так званою рухливістю молекул води. Що більше величина $T_2$, то 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. 2.15 наведено результати дослідження тривалості спін-спінової релаксації зразків сиру кисломолочного.

*Таблиця 2.15* – **Тривалість спін-спінової релаксації зразків сиру кисломолочного**

| Найменування зразків | Рухливість молекул води ($T_2 \times 10^{-3}$), с |
|---|---|
| Сир кисломолочний із молока знежиреного (контрольний зразок) | 44±1 |
| Сир кисломолочний із молока знежиреного декальцифікованого | 27±1 |

Установлено, що тривалості спін-спінової релаксації зразків сиру кисломолочного суттєво розрізняються між собою: значення рухливості води для зразка сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого в 1,6 разу менше порівняно з контрольним зразком. Виявлено також дещо менший рівень амплітуди луни в дослідному зразку (сир кисломолочний з молока знежиреного декальцифікованого), що свідчить про меншу кількість протонів водню та їх рухливість порівняно з контрольним зразком.

Для виявлення ролі кальцію у формуванні структури казеїнових міцел наведено дані електронної мікроскопії, яку здійснювали на растровому мікроскопі Jeol за різного збільшення (рис. 2.13). Видно, що дослідні зразки відрізняються один від одного як за загальною організацією структури, так і за характером поверхні. Так, зразок, одержаний з молока знежиреного, є міцелою, побудованою за рахунок наявності кальцій-фосфатних містків. Розміри міцели безпосередньо пов'язані з вмістом фосфату кальцію: що його більше, то більше субміцел у складі угрупування.

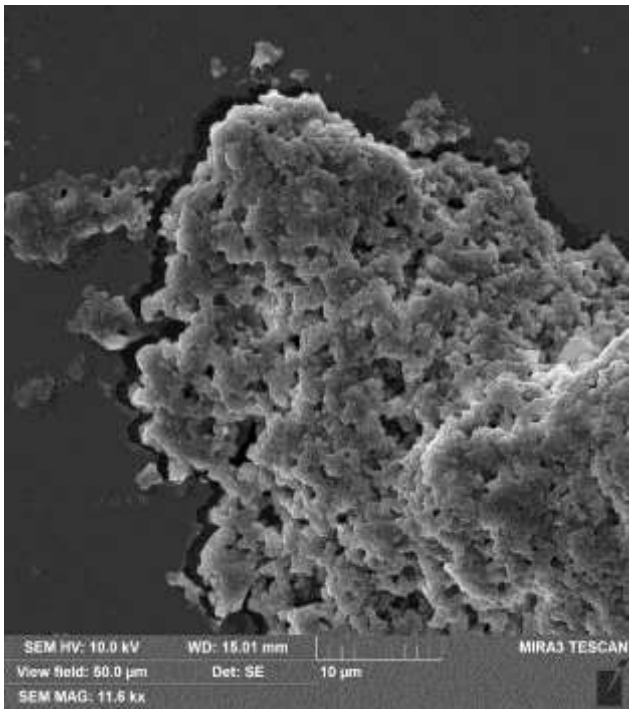
Зразок 2 порівняно зі зразком 1 характеризується наявністю більш дрібних міцелярних утворень, має більш рихлу пористу структуру. Відмінності імовірно пов'язані з тим, що зсув сольової рівноваги внаслідок зменшення вмісту кальцію в молоці знежиреному є причиною виходу кальцію з міцел казеїну, який раніше був зв'язаний з фосфосерином. За цих умов відбувається розпад міцел на дрібніші об'єднання субміцел.

Таким чином, проведені дослідження дозволили виявити позитивний вплив декальцифікації молока знежиреного на структурно-механічні показники та форми зв'язку води сиру кисломолочного, який досягається за раціональних параметрів декальцифікації – видалення з молока знежиреного 20…25% кальцію від початкового його вмісту.

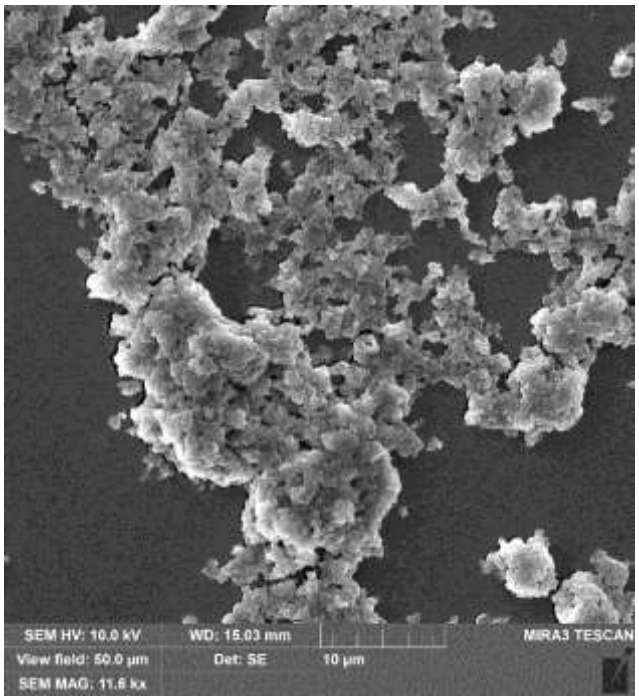
*2.3.3. Дослідження емульгувальної ємності сирно-молочних сумішей та стійкості емульсійних систем на їх основі*

Відповідно до сформульованої робочої гіпотези (підрозділ 2.1) досліджено вплив складу сирно-молочних сумішей із декальцифікованої молочної сировини на закономірності утворення та властивості систем з емульсійною пастоподібною структурою.

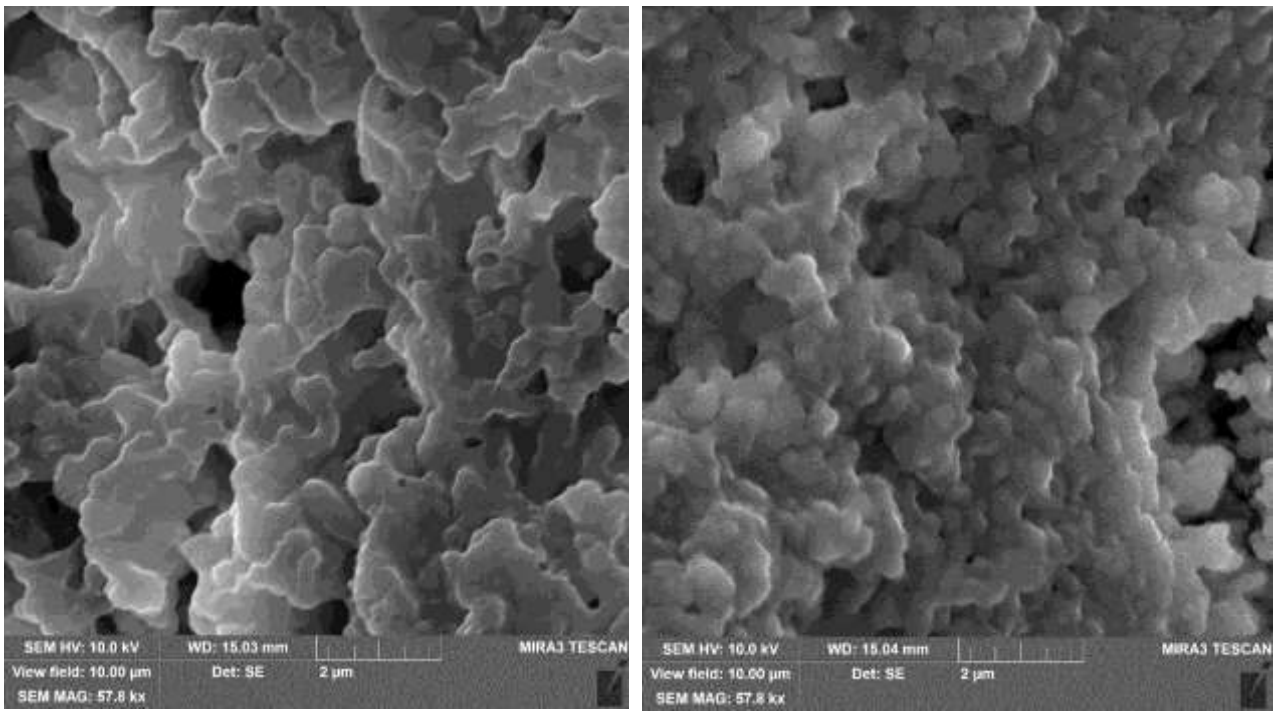
На підставі розуміння того, що виявлення функціонально-технологічних властивостей білків сиру кисломолочного суттєво залежить від їх розчинності, досліджено вплив pH на розчинність білків сиру кисломолочного, виготовленого з молока знежиреного декальцифікованого порівняно з контрольним зразком (рис. 2.14). Вміст розчинного білка в системах визначали колориметрично за біуретовою реакцією.




1




2




3 4

**Рисунок 2.13 – Структура казеїнових міцел білкових коагулятів (pH 4,6±0,5) з: 1, 3 –молока знежиреного; 2, 4 –молока знежиреного з регульованим ССС**

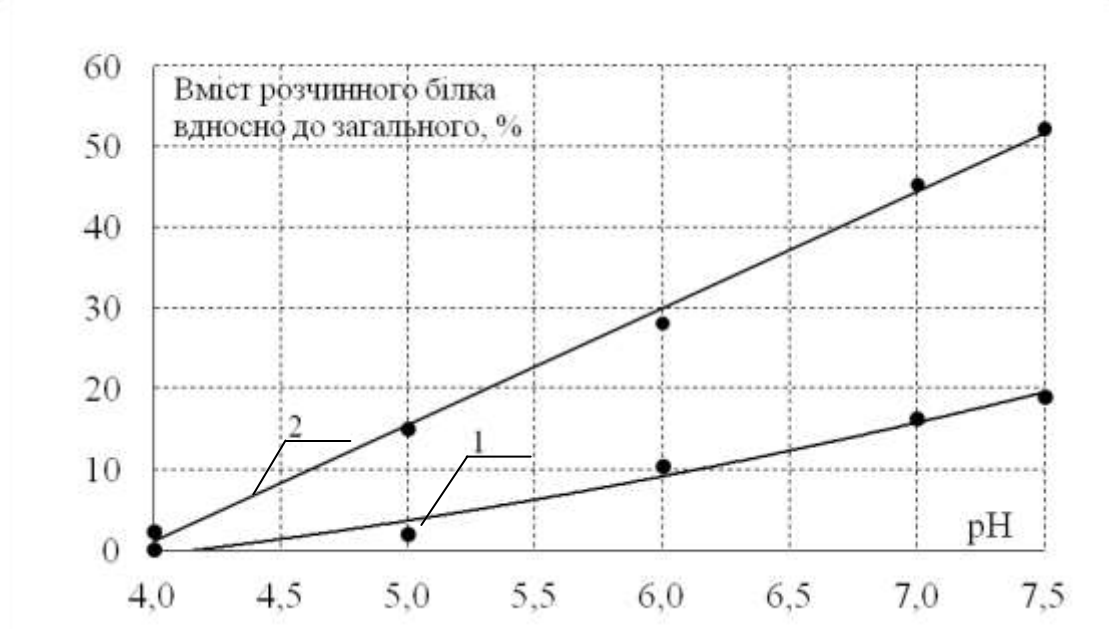



**Рисунок 2.14 – Вміст розчинного білка залежно від pH водно-сирних сумішей: 1 – сир кисломолочний, виготовлений з молока знежиреного (вміст кальцію 132…137 мг%), 2 – сир кисломолочний, виготовлений з молока знежиреного декальцифікованого (вміст кальцію 90…105 мг%)**

Аналіз експериментальних даних, наведених на рис. 2.14, дозволяє стверджувати, що зміна pH систем на основі сиру кисломолочного приводить до підвищення вмісту розчинного білка в дисперсійному середовищі.

Так, для зразків із сиру кисломолочного, одержаного з молока знежиреного, в інтервалі значень pH 4,0…7,5 спостерігається збільшення вмісту розчинного білка у 38 разів – з 0,50±0,01% до 19,0±1,0%. Для зразка сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого це значення показника підвищується у 87 разів – з 0,60±0,01% до 52,2±1,0%. 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 молока знежиреного декальцифікованого. Із даних рис. 2.14 видно, що за однакових значень pH вміст розчинного білка (за використання сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого) за значень pH 5,0; 6,0; 7,0; 7,5 вищий у 8,0; 3,3; 2,8; 2,6 разу порівняно з контрольним зразком. Це свідчить про більш високу функціональність білків сиру кисломолочного, одержаного з молока знежиреного декальцифікованого, що є передумовою моделювання на його основі технологічного процесу виробництва напівфабрикатів з емульсійною пастоподібною структурою.

З огляду на одержані дані можна припустити, що створення сирно-молочних сумішей з декальцифікованої молочної сировини за умов, що молоко знежирене є джерелом іонів натрію й буде корегувати pH систем, дозволить підвищити в дисперсійному середовищі суміші вміст розчинних білків й, отже, реалізувати їх властивості під час емульгування жирової фази.

Визначено фізико-хімічні властивості сирно-молочних сумішей, характеристика яких наведена в табл. 2.16. Інтервал співвідношення сир кисломолочний з молока знежиреного декальцифікованого : молоко знежирене декальцифіковане (надалі СКД:МЗД) варіював від 100:0 до 50:50.

*Таблиця 2.16* – **Характеристика фізико-хімічних властивостей сирно-молочних сумішей**

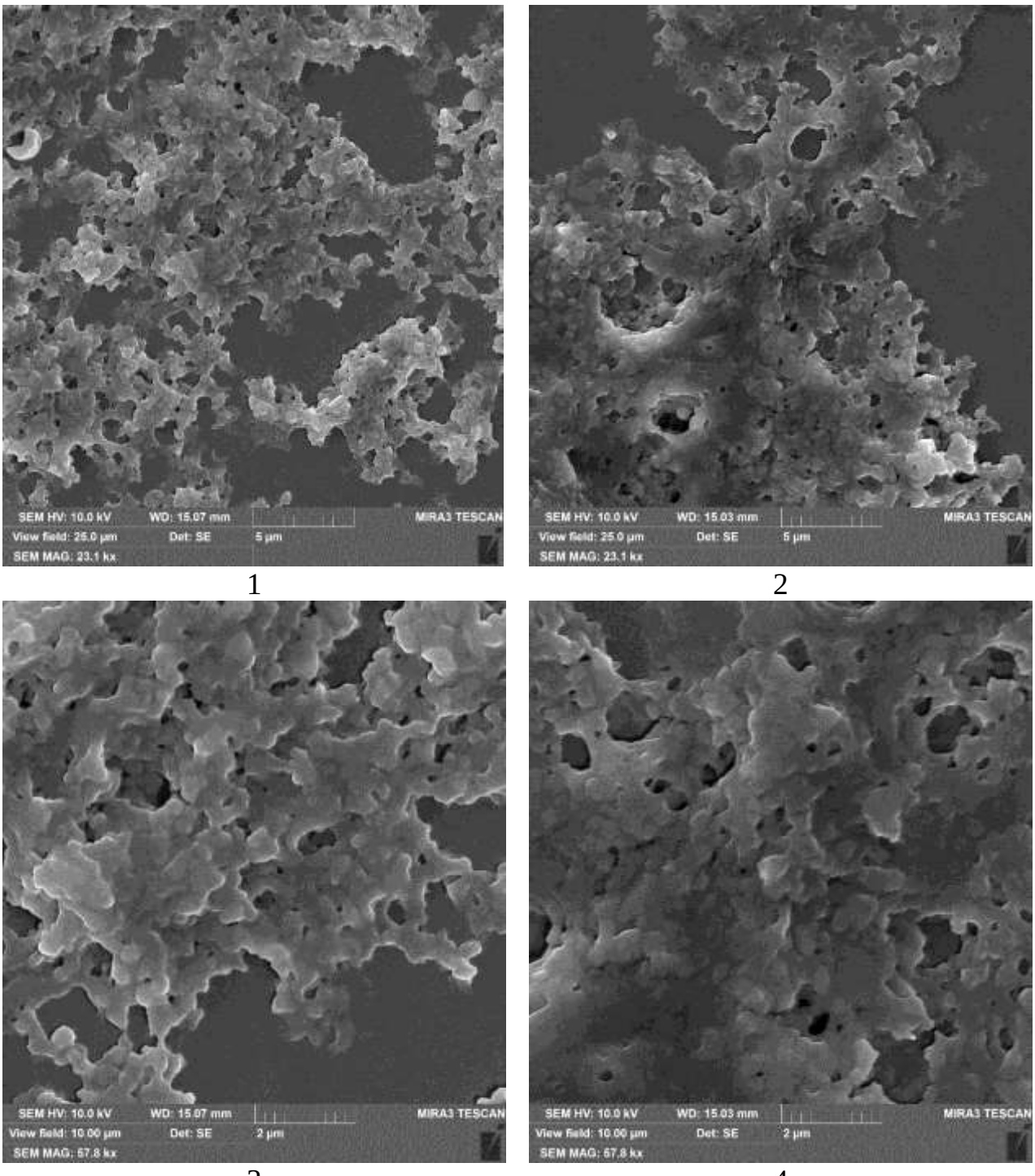
| Найменування показників | Значення показника для зразків за співвідношення (φ) СКД:МЗД | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100:0 | 90:10 | 80:20 | 70:30 | 60:40 | 50:50 |
| pH сирно-молочних сумішей | 4,7±0,1 | 4,9±0,1 | 5,1±0,1 | 5,2±0,1 | 5,2±0,1 | 5,3±0,1 |
| Масова частка загального білка, % | 18,3±0,1 | 16,8±0,1 | 15,2±0,1 | 13,7±0,1 | 12,1±0,1 | 10,6±0,1 |
| Масова частка розчинного білка, % | 0,50±0,01 | 0,90±0,01 | 1,20±0,01 | 1,40±0,01 | 1,70±0,01 | 2,00±0,01 |

Установлено, що зі збільшенням у суміші вмісту молока знежиреного декальцифікованого спостерігається підвищення pH систем – з 4,7 до 5,3 за одночасного підвищення масової частки розчинного білка у водній фазі дисперсії – з 0,5±0,01% до 2,0±0,01%. Вищезазначені закономірності імовірно 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 в молоці знежиреному декальцифікованому, розчинного казеїнату натрію, який накопичується за рахунок сольватації, та сироваткових білків.

Опосередковим підтвердженням установлених закономірностей впливу pH на розчинність білків сиру кисломолочного є фотографії казеїнових міцел сирно-молочних дисперсій за pH 5,1 (рис. 2.15). Виявлено, що мікроструктура сирно-молочних сумішей із 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.

Загальновідомо, що утворення емульсійних систем залежать від багатьох чинників. Передусім, 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). Для визначення раціональних параметрів одержання емульсійних систем на основі сирно-молочних сумішей досліджено їх ефективну в'язкість (рис. 2.16, 2.17), емульгувальну ємність (рис. 2.18) та стійкість емульсій (рис. 2.19).

Ефективну в'язкість сумішей сирно-молочних визначали на віскозиметрі сталої напруги зсуву ВПН-0,2 М [168]. Емульгувальну ємність сирно-молочних сумішей здійснювали шляхом виявлення точки інверсії за методом М. Н. Гурової [170, 171]. Емульгування здійснювали на лабораторному емульсаторі зі швидкістю обертів вала емульсатора 50 $с^{-1}$. Для цього в хімічну склянку ємністю 100 $см^3$ уміщували зразок, що досліджується, об'ємом 10 $см^3$, а потім за допомогою лійки для розподілу додавали олію зі швидкістю 78…80 крапель/60 с до настання 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 5×60 с. Після зразок поміщали на водяну баню за температури 80…85 °С, витримували 3×60 с та знову центрифугували протягом 5×60 с. На основі одержаних даних будували діаграми стійкості [171]. 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 під час центрифугування. Лінії, проведені через точки, що були отримані під час експерименту, обмежують область фаз, які відділилися (жирової та водної) і область незруйнованої емульсії.




1 2

3 4

**Рисунок 2.15 – Структура казеїнових міцел зразків сирно-молочних сумішей (співвідношення СКД:МЗД як 80:20), одержаних з: 1, 3 – молока знежиреного (pH 4,9); 2, 4 – молока знежиреного декальцифікованого (pH 5,1 за внесення молока декальцифікованого)**

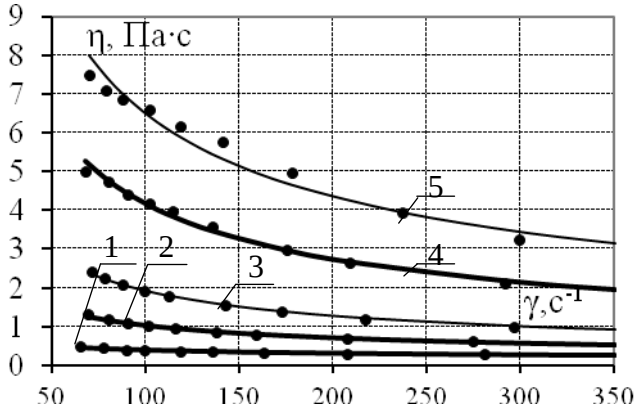



**Рисунок 2.16 – Ефективна в'язкість сирно-молочних сумішей залежно від швидкості зсуву за співвідношення СКД:МЗД як 1, 2, 3, 4, 5 – 50:50; 60:40; 70:30; 80:20; 90:10**

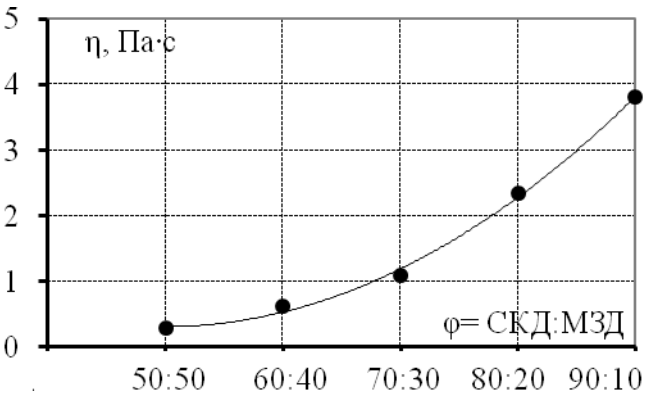



**Рисунок 2.17 – Ефективна в'язкість сирно-молочних сумішей залежно від співвідношення φ = СКД:МЗД (γ = 260 с$^{-1}$)**

Дослідження проводили за різного співвідношення СКД:МЗД. Установлено, що незалежно від співвідношення складових, сирно-молочні суміші є неньютонівськими рідинами, ефективна в'язкість яких залежить від швидкості зсуву. Із характеру кривих в'язкості видно, що вони мають дві області – поступового руйнування структури та ньютонівське плато за високих швидкостей зсуву, що імовірно пов'язано з руйнуванням міжчастинних зчеплень.

Узагальнення експериментальних даних, наведених на рис. 2.16, 2.17, дозволяє констатувати, що ефективна в'язкість сирно-молочних сумішей суттєво змінюється за варіювання вмісту компонентів. Так, в інтервалі співвідношення складових 90:10 ≤ φ ≤ 50:50 ефективна в'язкість лежить в інтервалі 3,9 Па×с ≤ η ≤ 0,27 Па×с. Зрозуміло, що коливання в'язкості в такому широкому діапазоні буде суттєво впливати на утворення емульсійних систем. Проте для виявлення раціональних параметрів їх одержання необхідне комплексне оцінювання систем за багатьма показниками.

Для встановлення раціональних параметрів одержання напівфабрикатів досліджено емульгувальну ємність систем на основі декальцифікованої молочної сировини порівняно з системами на основі сиру кисломолочного, який виготовлено за традиційною технологією (рис. 2.18).

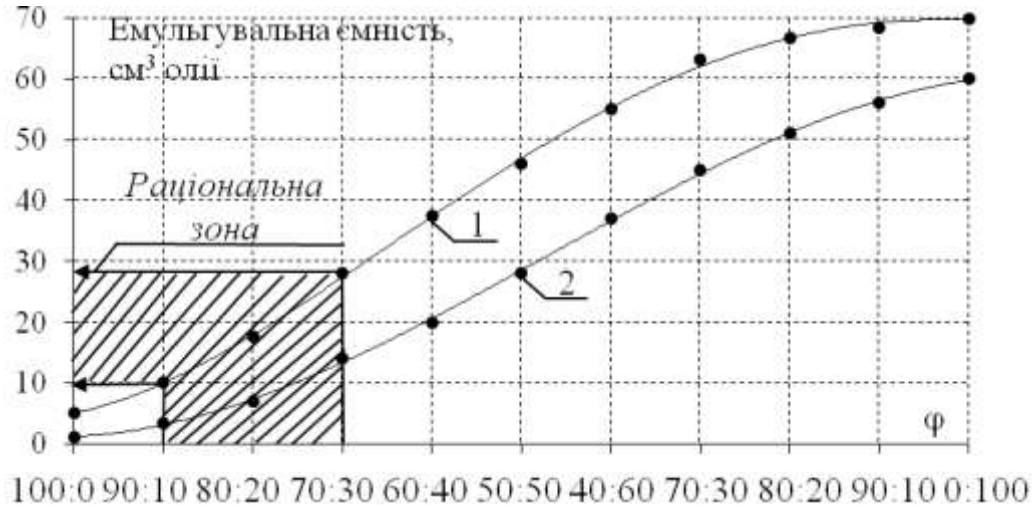



**Рисунок 2.18 – Емульгувальна ємність сирно-молочних сумішей за різного співвідношення складових (φ) із: 1 – молока знежиреного декальцифікованого; 2 – молока знежиреного**

Експериментально встановлено, що введення до сиру кисломолочного декальцифікованого молока знежиреного декальцифікованого, наслідком чого є підвищення pH та вмісту розчинного білка, приводить до збільшення емульгувальної ємності систем. Так, для систем, що містять сир кисломолочний та молоко декальцифіковане за співвідношення як 80:20 та 70:30, точка інверсії фаз спостерігається за вмісту жирової фази 17,5±0,5 $см^3$ та 28,1±0,5 $см^3$ відповідно, що відповідає жировмісту системи 62,3% та 73,7% відповідно.

Досліджено показники кінетичної та агрегативної стабільності емульсій на основі молочної декальцифікованої сировини, які наводяться у вигляді діаграм стабільності (рис. 2.19). Необхідність проведення цих досліджень визначено тим, що емульсії є термодинамічно нестійкими системами та з часом у них може відбуватися седиментація, флокуляція та коалесценція жирової фази. Аналіз проведених досліджень (рис. 2.19) дозволяє визначити певні закономірності, наведені нижче. 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 молока знежиреного декальцифікованого в системі масова частка водної та жирової фази, що відділилися, зменшується. Підвищення вмісту розчинних білків позитивно впливає як на показник агрегативної, так і кінетичної стабільності, які мають тенденцію до збільшення. Установлено, що залежно від співвідношення СКД:МЗД емульсії характеризуються високими значеннями агрегативної та кінетичної стійкості. Із даних рис. 2.19 видно, що жировміст емульсій у точці інверсії фаз за співвідношення складових 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 становить 50%, 65%, 75% та 80% відповідно.

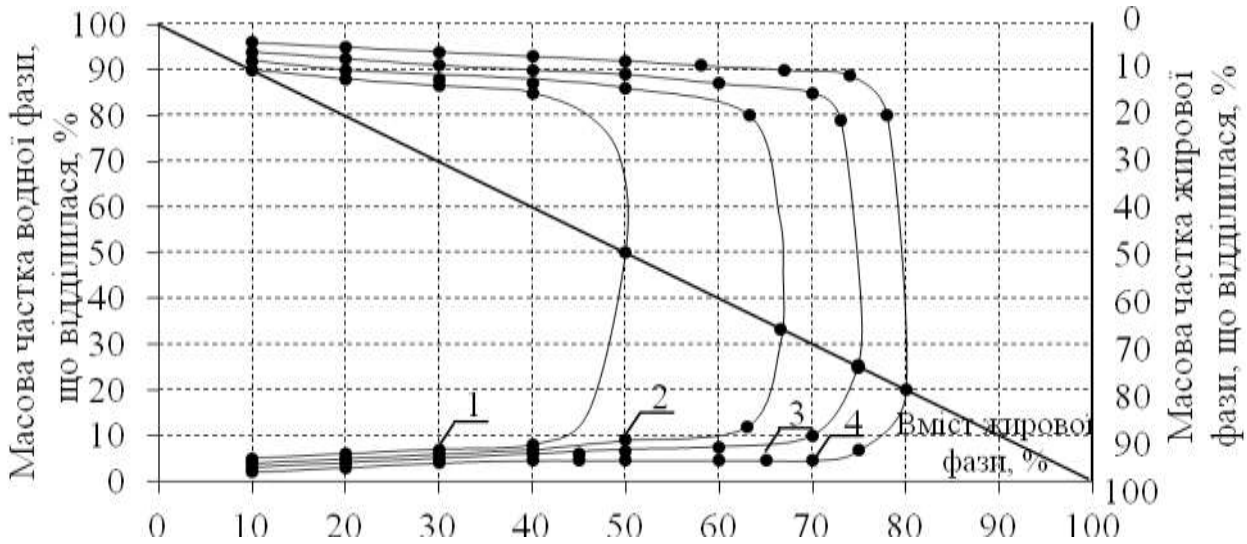



**Рисунок 2.19 – Діаграми стабільності емульсій на основі сирно-молочних сумішей залежно від масової частки жирової фази за співвідношення СКД:МЗД: 1 – 90:10; 2 – 80:20; 3 – 70:30; 4 – 60:40**

Розуміючи існуючу тенденцію щодо підвищення емульгуючої ємності та стабільності систем за збільшення масової частки молока знежиреного, 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 молока знежиреного декальцифікованого) 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 СКД:МЗД у інтервалі (90:10)…(70:30).

## 2.4. Розробка моделі технологічної системи виробництва напівфабрикатів із сиру кисломолочного

Узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень дозволило визначити раціональні параметри функціонування технологічної системи в частині рецептурного складу та окремих технологічних операцій (табл. 2.17). За результатами дослідження розроблено модель технологічної системи виробництва напівфабрикатів (рис. 2.20).

*Таблиця 2.17* – **Раціональні параметри одержання напівфабрикатів з сиру кисломолочного**

| Найменування параметра | | Одиниці вимірювання | Межові значення |
|---|---|---|---|
| Масова частка кальцію в молоці знежиреному після декальцифікації | | мг% | 90…105 |
| Ступінь декальцифікації (% виведення кальцію до початкового значення) | | % | 20…25 |
| Граничне значення pH молока декальцифікованого під час ферментації | | – | 4,6…4,7 |
| Середній розмір білкових частинок | | $\times 10^{-6}$ м | ≤16,0 |
| Співвідношення сир кисломолочний з молока знежиреного декальцифікованого : молоко знежирене декальцифіковане | | – | (70…90):(30…10) |
| Тривалість перемішування сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого та молока знежиреного декальцифікованого | | ×60 с | 5…7 |
| pH сирно-молочної суміші | | – | 4,9…5,2 |
| Вміст олії соняшникової рафінованої дезодорованої | | % | 5…15 |
| Параметри емульгування | температура | °С | 4…6 |
| | тривалість | ×60 с | потребує конкретизації для партії визначеної маси |
| | швидкість обертів робочого органу емульсатора | $с^{-1}$ | |

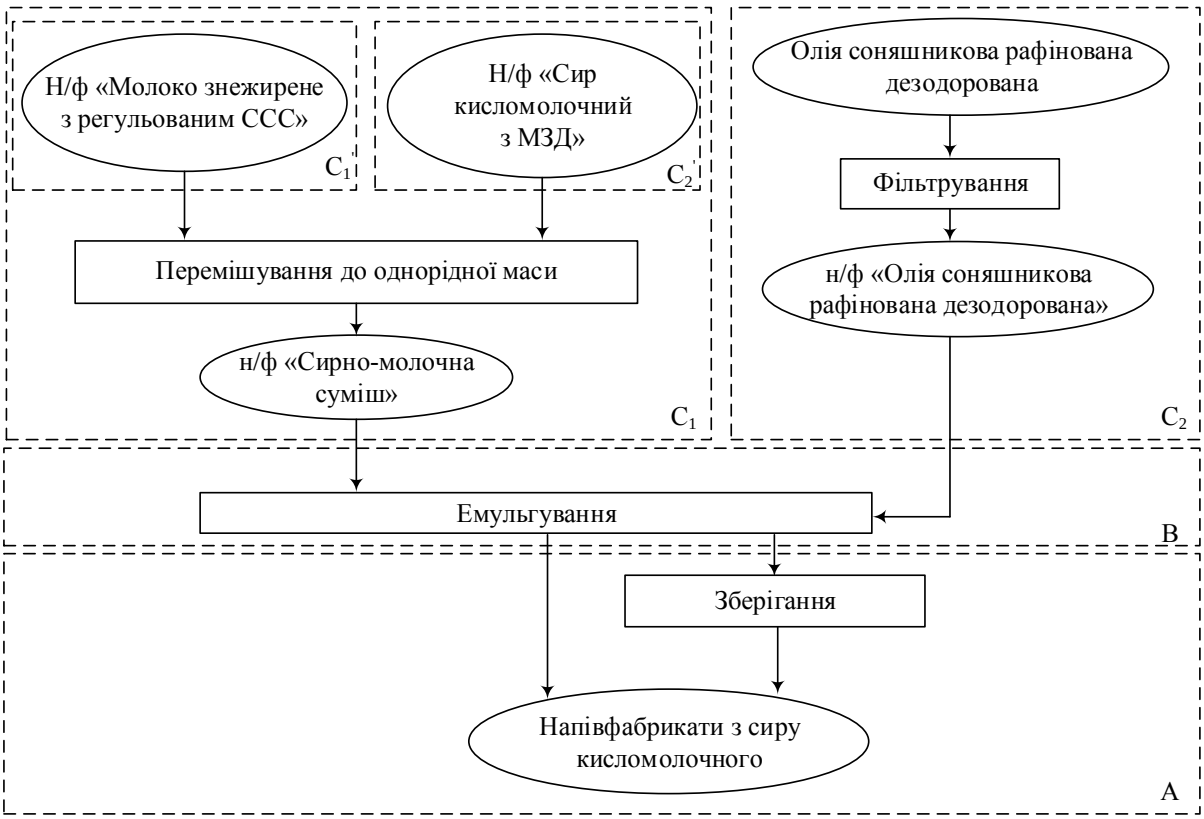



**Рисунок 2.20 – Модель технологічної системи виробництва напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

На прикладі емульсійної системи з вмістом жирової фази 10% (співвідношення СКД:МЗД як 80:20) досліджено мікроструктуру (рис. 2.21) та середній діаметр жирових частинок.

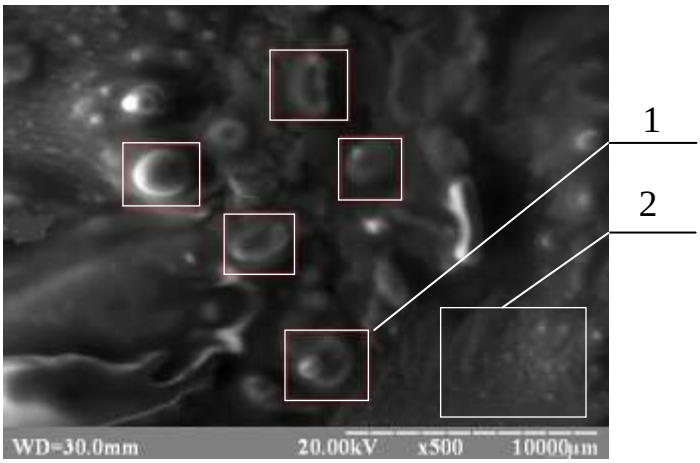



**Рисунок 2.21 – Мікроструктура напівфабрикату з сиру кисломолочного: 1 – дисперсна фаза (жирові частинки), 2 – дисперсійне середовище**

Дані електронної мікроскопії підтверджують утворення емульсійної структури, в межах якої переважає фракція жирових частинок з діаметром $(0{,}25…0{,}45)\times10^{-6}$ м.

Узагальнення результатів дослідження доводить можливість та доцільність використання сиру кисломолочного з МЗД як основи напівфабрикатів з емульсійною пастоподібною структурою. Оскільки основний білок сиру кисломолочного – казеїн – знаходиться в нерозчинному вигляді внаслідок коагуляційних процесів, є очевидним, що переведення його в розчинний стан є передумовою створення на основі сиру кисломолочного стійких емульсійних пастоподібних систем. Основоположним при цьому є:

– використання МЗД як сировини для виробництва сиру кисломолочного, який у технологічному потоці виробництва харчової продукції здатен до виявлення функціонально-технологічних властивостей: емульгування, стабілізації гетерогенних систем;

– регулювання технологічних властивостей сиру кисломолочного, виробленого з МЗД, у дисперсійному середовищі якого міститься більш висока масова частка розчинних білків (сироваткові білки, казеїн);

– регулювання розчинності казеїнових білків під час утворення сирно-молочної суміші. Уведення до сиру кисломолочного МЗД призводить до зміни pH (з 4,7 до 5,3), наслідком чого є переведення в розчинний стан 0,5…2,0% казеїну, який знаходився в коагульованому стані.

Безперечною перевагою запропонованої технології є підвищення ресурсного потенціалу молочної сировини. Порівняно з існуючими прототипами (уведення 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.

Важливим є виявлення перспектив розвитку цього дослідження з огляду на створення емульсійної пастоподібної структури напівфабрикату шляхом використання рослинних (соняшникова, кукурудзяна тощо) олій. Вони полягають у регулюванні харчової цінності, зокрема: збагаченні напівфабрикатів (а отже, й продукції на їх основі) ω-3-жирними кислотами, жиророзчинними вітамінами; створенні нових споживних властивостей шляхом використання ефірних олій, $CO_2$-екстрактів.

Таким чином, проведені дослідження дозволили науково обґрунтувати технологічні параметри виробництва технології напівфабрикатів із сиру кисломолочного на основі молока знежиреного з регульованим ССС. З урахуванням органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних показників напівфабрикати можуть бути використані в технології страв із сиру кисломолочного (сирники, пудинги, запіканки, сирні соуси), оздоблювальних та випечених напівфабрикатів для кондитерських виробів.

# РОЗДІЛ 3

# ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ З СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО

## 3.1. Дослідження впливу технологічних чинників на структурно-механічні та технологічні властивості напівфабрикатів із сиру кисломолочного

Проведені експериментальні дослідження з обґрунтування технологічних параметрів виробництва напівфабрикатів із сиру кисломолочного, визначені закономірності формування їх фізико-хімічних та структурно-механічних показників дозволили визначити раціональний вміст основних рецептурних компонентів та розробити модель технологічної системи їх одержання.

Згідно з інноваційним задумом нового продукту (підрозділ 2.1) напівфабрикати з сиру кисломолочного є багатофункціональними за технологічним призначенням, що визначає необхідність дослідження їх органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних властивостей за впливу технологічних чинників.

З огляду на визначені раціональні параметри одержання емульсійних систем на основі сиру кисломолочного з молока знежиреного декальцифікованого (співвідношення СКД:МЗД як (90:10)…(70:30), вміст жирової складової 5…15%) досліджено ефективну в'язкість сирно-молочних сумішей (крива 1, рис. 3.1 – 3.3) та емульсійних систем на їх основі (криві 2, 3, 4 рис. 3.1 – 3.3).

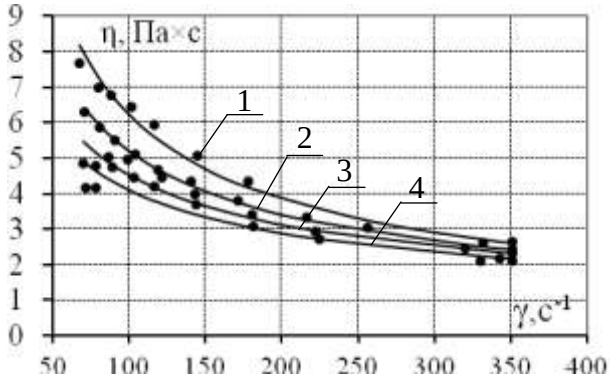



**Рисунок 3.1 – Ефективна в'язкість сирно-молочних сумішей (1) та емульсійних систем на їх основі (2, 3, 4) залежно від швидкості зсуву за співвідношення СКД:МЗД як 90:10. Масова частка жиру в емульсії, %: 1, 2, 3, 4 – 0; 5; 10; 15 відповідно**

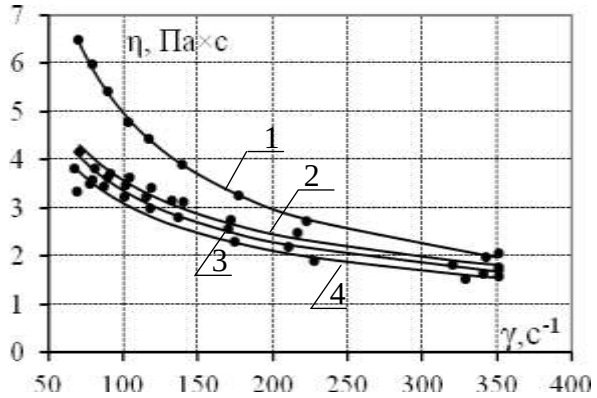



**Рисунок 3.2 – Ефективна в'язкість сирно-молочних сумішей (1) та емульсійних систем на їх основі (2, 3, 4) залежно від швидкості зсуву за співвідношення СКД:МЗД як 80:20. Масова частка жиру в емульсії, %: 1, 2, 3, 4 – 0; 5; 10; 15 відповідно**

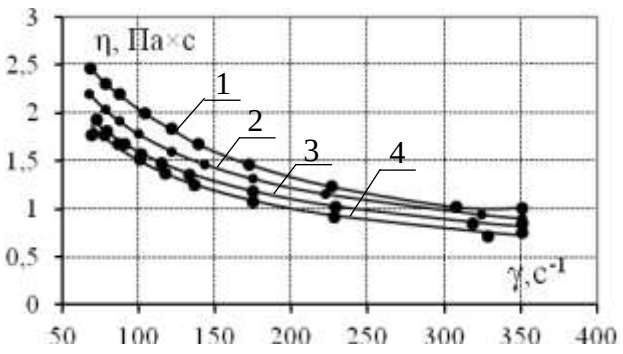



**Рисунок 3.3 – Ефективна в'язкість сирно-молочних сумішей (1) та емульсійних систем на їх основі (2, 3, 4) залежно від швидкості зсуву за співвідношення СКД:МЗД як 70:30. Масова частка жиру в емульсії, %: 1, 2, 3, 4 – 0; 5; 10; 15 відповідно**

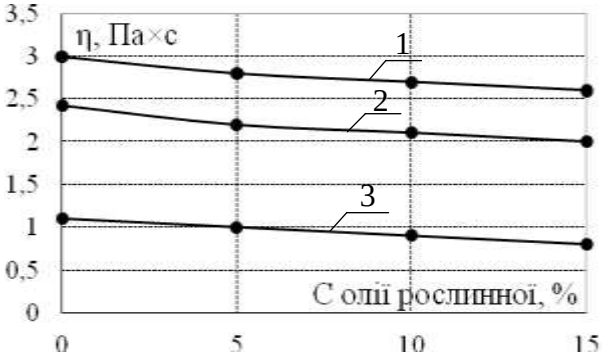



**Рисунок – 3.4. Ефективна в'язкість емульсійних систем на основі сирно-молочних сумішей залежно від масової частки жиру в емульсії за співвідношення СКД:МЗД як 1, 2, 3 – 90:10; 80:20; 70:30 (за $\gamma = 260$ с$^{-1}$)**

Аналіз одержаних даних дозволяє стверджувати, що всі дослідні зразки є неньютонівськими рідинами, в'язкість яких залежить від швидкості зсуву. Із характеру кривих $\eta = f(\gamma)$ видно, що утворення емульсійних систем (криві 2, 3, 4) приводить до зменшення в'язкості (в 1,3…1,7 разу) за невисоких значень швидкості зсуву ($\gamma = 50…150$ с$^{-1}$), що свідчить про набуття системою плинності.

Звертає на себе увагу той факт, що ділянки деформаційних залежностей емульсійних систем в області поступового порушення структури ($\gamma = 50…250$ с$^{-1}$) мають значно менший кут нахилу, що імовірно є наслідком руйнування дисперсії під час емульгування й формування емульсійної пастоподібної структури.

Важливими з огляду на технологічне призначення напівфабрикатів із сиру кисломолочного є узагальнені дані з дослідження в'язкості, які наведені на рис. 3.4. Видно, що залежно від співвідношення складових сирно-молочних сумішей та масової частки жиру їх в'язкість коливається в достатньо широких межах – від 0,8±0,01 Па×с до 3,0±0,1 Па×с. З урахуванням існуючих технологічних (масова частка сиру кисломолочного в складі напівфабрикатів, в'язкість та формостійкість як напівфабрикатів, так і продукції на їх основі), органолептичних (виражений смак сиру кисломолочного) та інших (харчова та біологічна цінність) показників рекомендовано:

– напівфабрикати з сиру кисломолочного (співвідношення СКД:МЗД – від 90:10 до 80:20, масова частка жирової фази – 5…15%) використовувати для виробництва запіканок, пудингів, сирників, сирних закусочних паст, печива, капкейків, тортів, чизкейків;

– напівфабрикати з сиру кисломолочного (співвідношення СКД:МЗД – 70:30, масова частка жирової фази – 5…15%) використовувати для виробництва соусів для піци, салатів, других страв, оздоблювальних напівфабрикатів.

Використання напівфабрикатів із сиру кисломолочного для виробництва кулінарної та кондитерської продукції потребують дослідження впливу рецептурних компонентів та технологічних чинників на їх фізико-хімічні та

технологічні властивості. Перелік рецептурних компонентів та способів температурної обробки, їх прогнозований вплив на властивості рецептурних сумішей на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного наведено в табл. 3.1.

*Таблиця 3.1* – **Рецептурні компоненти та способи температурної обробки, які плануються до застосування в технологічному процесі виробництва продукції на основі напівфабрикатів з сиру кисломолочного**

| Найменування рецептурних компонентів та технологічних чинників | Значення параметрів | Прогнозований вплив на |
|---|---|---|
| Сіль кухонна | 0…1,5% | –дисперсність білкових частинок;<br>–вологоутримувальну здатність;<br>–ефективну в'язкість;<br>–органолептичні показники |
| Цукор білий | 5…15% | |
| Термообробка (пастеризація) | t = 80…85°C, τ = (15…20)×60 с | |
| Низькотемпературна обробка (заморожування) | t = – (18…20)°C, τ = 30 діб | |

Досліджено вплив рецептурних компонентів та способів температурної обробки на середній діаметр білкових частинок (рис. 3.5, табл. 3.2–3.4), вологоутримувальну здатність (рис. 3.6, 3.7) та ефективну в'язкість напівфабрикатів з сиру кисломолочного (рис. 3.8, 3.9).

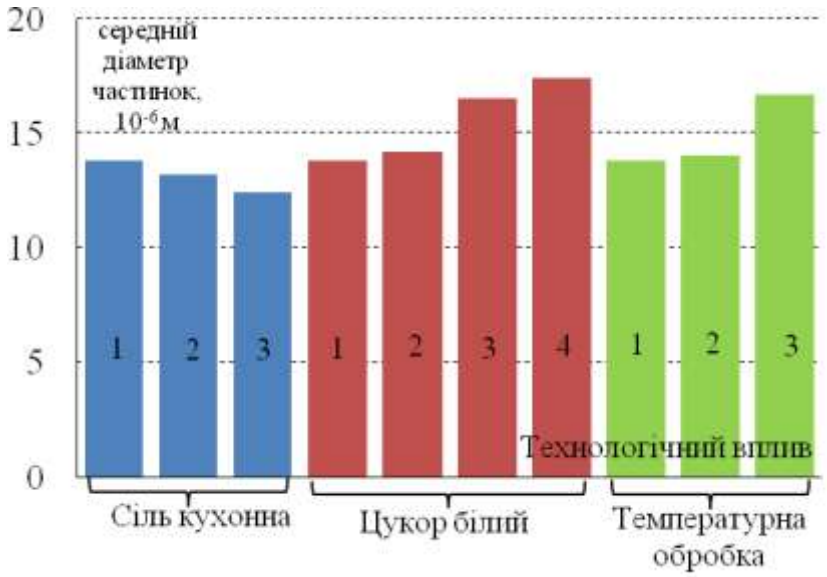



**Рисунок 3.5 – Середній діаметр білкових частинок напівфабрикатів з сиру кисломолочного за впливу рецептурних компонентів та технологічних чинників (концентрація солі кухонної, %: 1 – 0; 2 – 0,5; 3 – 1,5; цукру білого, %: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; температурна обробка: 1 – без обробки; 2 – термообробка; 3 – низькотемпературна обробка)**

*Таблиця 3.2* – **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 |
| ≤10,0 | 45,7 | 49,9 | 57,4 |
| 10,0<L≤20,0 | 45,8 | 44,9 | 40,1 |
| 20,0<L≤30,0 | 6,5 | 3,7 | 2,2 |
| 30,0<L≤40,0 | 2,0 | 1,5 | 0,3 |
| >40,0 | – | – | – |
| Узагалі | 100 | 100 | 100 |
| Середній діаметр білкових частинок | 13,8 | 13,2 | 12,4 |

*Таблиця 4.3* – **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 |
| ≤10,0 | 45,7 | 44,2 | 37,7 | 36,7 |
| 10,0<L≤20,0 | 45,8 | 45,1 | 42,3 | 38,2 |
| 20,0<L≤30,0 | 6,5 | 7,8 | 9,5 | 12,2 |
| 30,0<L≤40,0 | 2,0 | 2,9 | 8,3 | 9,8 |
| >40,0 | – | – | 2,2 | 3,1 |
| Узагалі | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Середній діаметр білкових частинок | 13,8 | 14,2 | 16,5 | 17,4 |

*Таблиця 4.4* – **Розподілення білкових частинок напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10 %) за впливу температурної обробки**

| Розмір білкових частинок (L), мкм | Термообробка | Низькотемпературна обробка |
|---|---|---|
| ≤10,0 | 44,5 | 38,7 |
| 10,0<L≤20,0 | 45,8 | 40,4 |
| 20,0<L≤30,0 | 6,9 | 9,9 |
| 30,0<L≤40,0 | 2,8 | 7,9 |
| >40,0 | – | 3,1 |
| Узагалі | 100 | 100 |
| Середній діаметр білкових частинок | 14,0 | 16,7 |

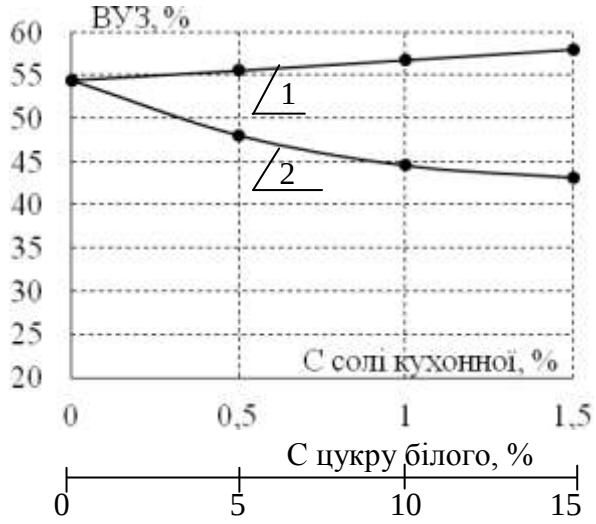



**Рисунок 3.6 – ВУЗ напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10%) за впливу рецептурних компонентів: 1 – сіль кухонна, 2 – цукор білий**

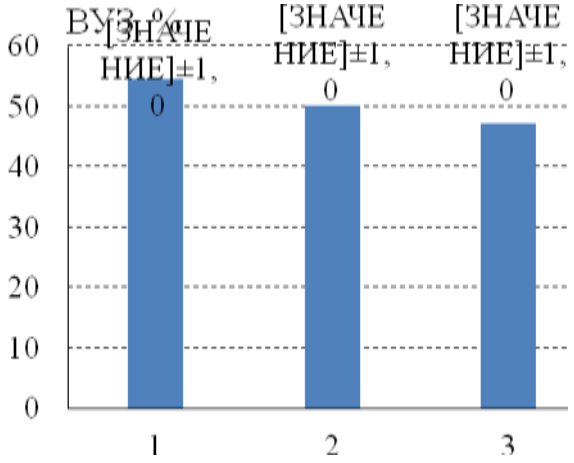



**Рисунок 3.7 – ВУЗ напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10%) за впливу технологічних чинників: 1 – без обробки, 2 – термообробка, 3 – низькотемпературна обробка**

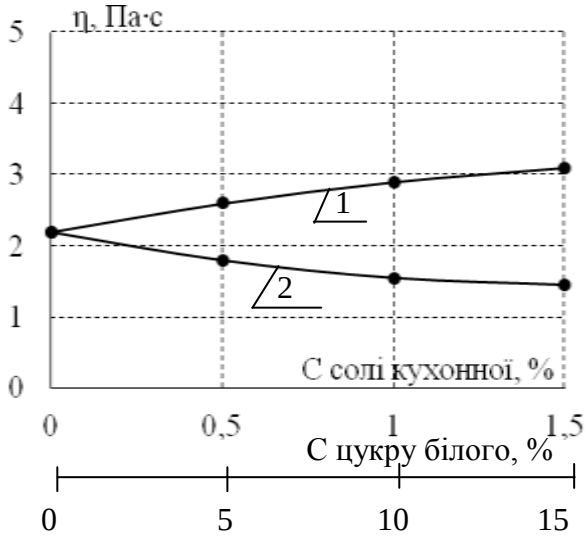



**Рисунок 3.8 – Ефективна в'язкість напівфабрикату з сиру кисломо-лочного (масова частка жиру 10%) за впливу рецептурних компонентів: 1 – сіль кухонна, 2 – цукор білий (за $\gamma = 260$ с$^{-1}$)**

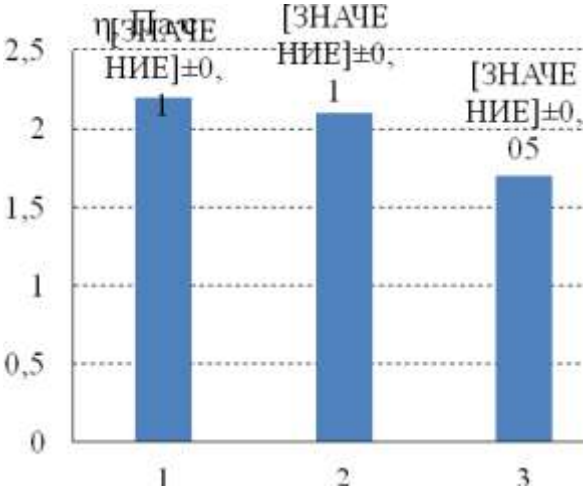



**Рисунок 3.9 – Ефективна в'язкість напівфабрикату з сиру кисломолочного (масова частка жиру 10%) за впливу технологічних чинників: 1 – без обробки, 2 – термообробка, 3 – низькотемпературна обробка (за $\gamma = 260$ с$^{-1}$)**

Аналіз даних, наведених на рис. 3.5, 3.6, 3.8, дозволяє визначити певні закономірності. Уведення до складу напівфабрикатів солі кухонної приводить до незначного зменшення середнього діаметра білкових частинок (із 13,8±0,1 мкм до 12,4±0,1 мкм), збільшення вологоутримувальної здатності (із 54,5±1,0% до 58,0±1,0%) та ефективної в'язкості (із 2,2±0,1 Па×с до 3,1±0,1 Па×с). Вищезазначені зміни імовірно 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. Унаслідок збільшення гідратної оболонки збільшується вологоутримувальна здатність та підвищується в'язкість напівфабрикатів з сиру кисломолочного.

За вмісту цукру білого як рецептурного інгредієнта спостерігаються зміни в розподіленні білкових частинок напівфабрикату: зменшення масової частки білкових частинок із розмірами $L \leq 20{,}0$ мкм за одночасного збільшення таких з розміром $20 \leq L \leq 40$ мкм; за використання цукру білого в 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 разу порівняно з контрольним зразком.

Установлено, що введення цукру білого суттєво впливає на вологоутримувальну здатність та ефективну в'язкість рецептурних сумішей. Так, у діапазоні концентрацій цукру білого, що досліджувався (5…15%), виявлено зменшення вологоутримувальної здатності у 1,3 разу (із 54,5±1,0% до 43,2±1,0%), ефективної в'язкості – у 1,5 разу (із 2,2±0,1 Па×с до 1,45±0,05 Па×с). Зафіксовані 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, унаслідок чого зменшується гідратна оболонка, відокремлюється волога, що приводить до зменшення вологоутримувальної здатності та ефективної в'язкості напівфабрикатів з сиру кисломолочного.

Температурна обробка рецептурних сумішей на основі напівфабрикатів, яка передбачає як високотемпературну обробку (варіння, смаження, запікання) як спосіб доведення до стану кулінарної готовності, так і 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±0,1 мкм), несуттєво впливає на вологоутримувальну здатність (50,1±1,0%) та ефективну в'язкість систем (2,1±0,1 Па×с).

Дещо інакше впливає на властивості систем низькотемпературна обробка. Так, виявлено, що після заморожування ($t = -(18…20)°C$), зберігання протягом 30 діб і розморожування спостерігається погіршення всіх показників, що досліджувалися. Виявлено, що середній діаметр білкових частинок збільшився у 1,2 разу (з 13,8±0,1 мкм до 16,7±0,1 мкм), вологоутримуюча здатність зменшилась у 1,3 рази (з 54,5±1,0% до 41,9±1,0%), ефективна в'язкість – у 1,3 рази (з 2,2±0,1 Па×с до 1,70±0,05 Па×с).

Вищезазначені зміни, на наш погляд, пояснюються тим, що під впливом низьких температур відбувається механічне пошкодження структури, що викликає утворення кристалів льоду, змінюється поверхневий гідратний шар білкових частинок, унаслідок чого посилюються агрегаційні взаємодії між

білковими молекулами, що пояснює збільшення середнього розміру білкових частинок, зменшення вологоутримувальної здатності та ефективної в'язкості.

Визначені закономірності впливу технологічних чинників на властивості напівфабрикатів є підґрунтям розробки обґрунтованих рекомендацій із їх використання в складі кулінарної та кондитерської продукції.

## 3.2. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва напівфабрикатів з сиру кисломолочного

Узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень із обґрунтування технологічних параметрів виробництва напівфабрикатів із сиру кисломолочного на основі молока з регульованим ССС дозволило розробити модель технологічної системи їх виробництва (рис. 3.10).

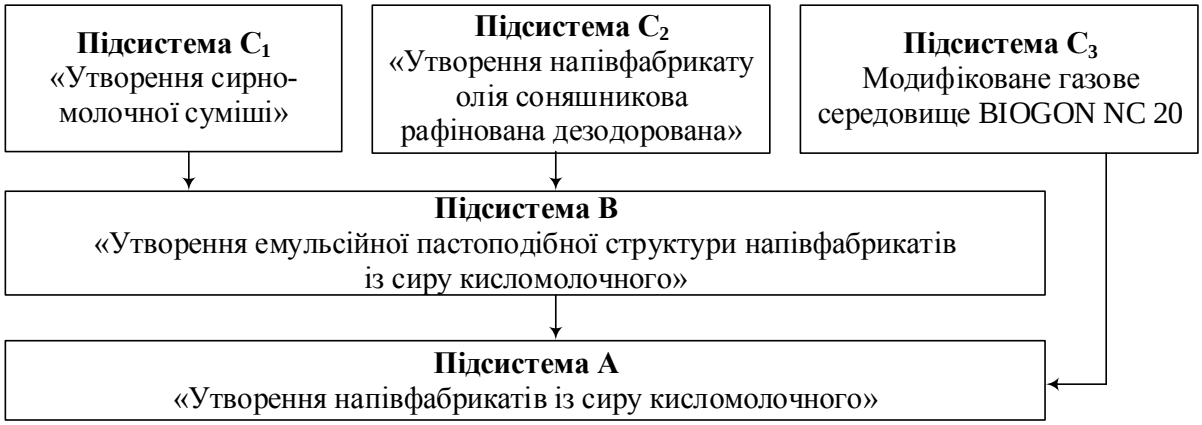



**Рисунок 3.10 – Модель технологічної системи виробництва напівфабрикатів із сиру кисломолочного з визначенням підсистем**

Модель технологічної системи одержання напівфабрикатів із сиру кисломолочного (рис. 3.10) представлено як цілісну систему, у межах якої виділені підсистеми $C_1$, $C_2$, $C_3$, B, A, спрямовані на одержання кінцевого результату функціонування системи – утворення напівфабрикатів із сиру кисломолочного з пастоподібною емульсійною структурою для кулінарної та кондитерської продукції. Мету функціонування підсистем наведено в табл. 3.5.

*Таблиця 3.5* – **Структура технологічної системи та мета функціонування її складових частин**

| Позначення підсистеми | Найменування підсистеми | Мета функціонування підсистеми |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| A | Утворення напівфабрикатів з сиру кисломолочного | Одержання напівфабрикатів із сиру кисломолочного, що характеризується пастоподібною емульсійною структурою із заданими властивостями та складом |

*Закінчення таблиці 3.5*

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| В | Утворення емульсійної пастоподібної структури напівфабрикатів із сиру кисломолочного | Одержання емульсійної структури напівфабрикатів із сиру кисломолочного (за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей розчинних білків сиру кисломолочного та молока знежиреного декальцифікованого) із прогнозованими показниками якості та безпечності |
| $С_1$ | Утворення сирно-молочної суміші | Одержання сирно-молочної суміші як дисперсійного середовища емульсійної структури напівфабрикатів із сиру кисломолочного |
| $С_2$ | Утворення напівфабрикату олія соняшникова рафінована дезодорована | Одержання проміжного напівфабрикату олії соняшникової рафінованої дезодорованої як дисперсної фази напівфабрикатів з емульсійною пастоподібною структурою |
| $С_3$ | Модифіковане газове середовище BIOGON NC 20 | Функціонування підсистеми спрямовано на підвищення мікробіологічної стабільності готової продукції |

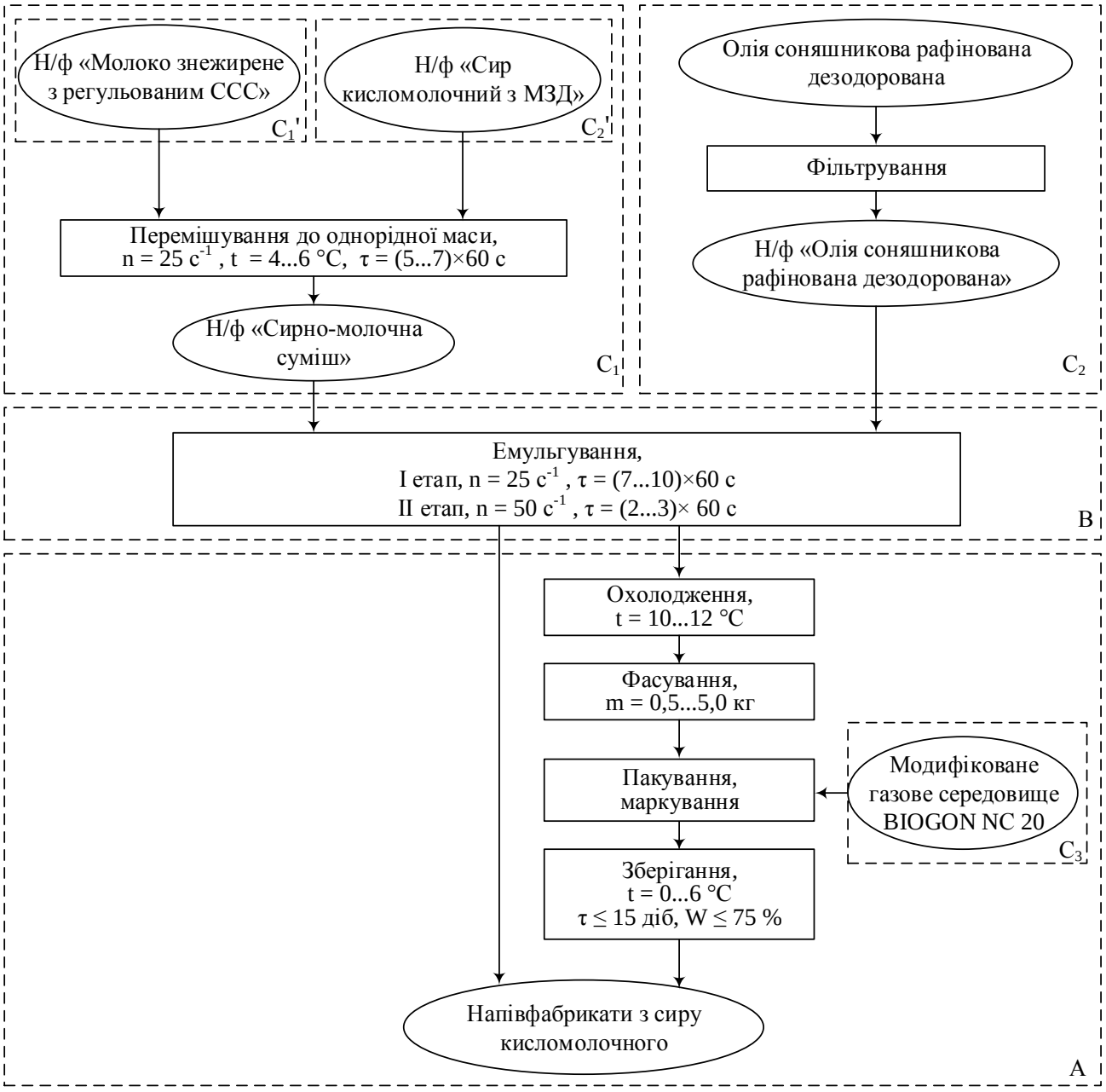
Рецептурний склад напівфабрикатів із сиру кисломолочного за вмісту жиру 5…15% наведено в таблиці 3.6, технологічну схему виробництва – на рис. 3.11.

*Таблиця 3.6* – **Рецептурний склад напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

| Найменування сировини | Витрати сировини, кг/100 кг готових напівфабрикатів, за вмісту жиру в напівфабрикаті, % | | |
|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 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 |
| *Н/ф сир кисломолочний з молока знежиреного декальцифікованого* | *77,50* | *73,40* | *69,40* |
| Молоко знежирене | 20,00 | 18,90 | 17,80 |
| Вода питна | 2,00 | 1,890 | 1,78 |
| Альгінат натрію | 0,03 | 0,028 | 0,026 |
| *Н/ф молоко знежирене декальцифіковане* | *19,40* | *18,40* | *17,30* |

*Закінчення таблиці 3.6*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Олія соняшникова рафінована дезодорована | 5,10 | 10,20 | 15,30 |
| ***Разом*** | ***102,00*** | ***102,00*** | ***102,00*** |
| ***Вихід напівфабрикату з сиру кисломолочного*** | ***100,00*** | ***100,00*** | ***100,00*** |




* Деталізацію підсистем $C_1$`, $C_2$`наведено у розділі 2.

**Рисунок 3.11 – Технологічна схема виробництва напівфабрикатів із сиру кисломолочного (А, В, $C_1$($C_1$`), $C_2$ ($C_2$`), $C_3$ – підсистеми)**

У межах підсистеми $C_1$ «Утворення сирно-молочної суміші» одержують сирно-молочну суміш за співвідношення СКД:МЗД як (90:10)…(70:30), за якого

система містить у дисперсійному середовищі до 1,2…2,0% розчинних білків, які, як доведено в підрозділі 2.3, виявляють емульгувальні властивості. Експериментально встановлено, що утворення однорідної маси суміші відбувається за постійного перемішування протягом (5…7)×60 с за температури 4…6°С та швидкості обертів робочого органу n = 25 $с^{-1}$. За цих умов забезпечується рівномірне розподілення компонентів, підвищення pH системи з 4,7 до 5,1, що приводить до збільшення масової частки розчинних білків.

Підсистема $С_2$ передбачає підготовку олії соняшникової рафінованої дезодорованої до емульгування шляхом фільтрування для вилучення сторонніх домішок.

Підсистема $С_3$ передбачає використання модифікованого газового середовища BIOGON NC 20 для підвищення строку зберігання напівфабрикатів із сиру кисломолочного та запобігання мікробіологічному псуванню. У складі модифікованого газового середовища BIOGON NC 20 вміст азоту та двоокису вуглецю становить 80% та 20% відповідно. Застосування азоту забезпечує видалення залишків кисню, тим самим протидіючи розвитку аеробних бактерій й окисненню жирів. Двоокис вуглецю запобігає розвитку мікроорганізмів, забезпечуючи мікробіологічну стабільність продукції впродовж зберігання, зокрема за рахунок зниження pH унаслідок утворення вугільної кислоти.

Результатом функціонування підсистеми В є одержання емульсійної пастоподібної структури напівфабрикатів, у 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 емульсора становить 25 $с^{-1}$, тривалість емульгування – (7…10)×60 с, на другому – 50 $с^{-1}$ та (2…3)×60 с відповідно.

Підсистема А реалізується шляхом виконання послідовних технологічних операцій, а саме охолодження емульсійної системи до 10…12°С, фасування (m = 0,5…5,0 кг) у пластикові місткості з полімерних матеріалів у модифікованому газовому середовищі BIOGON NC 20, маркування. Напівфабрикати з сиру кисломолочного зберігаються за температури 0…6°С та відносної вологості повітря не більше ніж 75%; строк придатності становить не більше ніж 15 діб.

Проведені дослідження покладено в основу технології напівфабрикатів із сиру кисломолочного з емульсійною пастоподібною структурою.

# РОЗДІЛ 4

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ З СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО, РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ КУЛІНАРНОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

## 4.1. Дослідження показників якості та безпечності напівфабрикатів із сиру кисломолочного

Розроблені напівфабрикати є новими продуктами на споживчому ринку України та потребують оцінювання основних показників якості (органолептичні, фізико-хімічні, хімічного складу) та безпечності (мікробіологічні, токсикологічні). Дослідження органолептичних показників здійснювали на основі розробленої шкали органолептичного (табл. 4.1) та бального (табл. 4.2) оцінювання напівфабрикатів, результати якого наведено в табл. 4.3 та графічно у вигляді профілів зовнішнього вигляду, консистенції, кольору, запаху, смаку (рис. 4.1).

*Таблиця 4.1* – **Шкала органолептичного оцінювання напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

| Найменування показника | Оцінка (Q) за п'ятибальною шкалою | | | |
|---|---|---|---|---|
| | відмінно | добре | задовільно | незадовільно |
| | 5,0 ≤Q≤ 4,5 | 4,5 ≤Q≤ 4,0 | 4,0 ≤Q≤ 3,0 | 3,0 ≤Q≤ 2,0 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Зовнішній вигляд | Однорідна маса з рівною, чистою поверхнею, без відділення сироватки та олії | Злегка неоднорідна маса з рівною, чистою поверхнею, без відділення сироватки та олії | Неоднорідна маса, із нерівною поверхнею, незначне відділення сироватки | Неоднорідна маса, із включеннями білкових згустків, значне відділення сироватки та олії |
| Консистенція | Кремоподібна, пластична, мазка маса | Пластична, мазка маса | Пластична, наявність незначної крупчастості | Груба, непластична, крупчаста |
| Колір | Від білого до кремово-жовтого, рівномірний за всією масою | Від білого до кремово-жовтого, нерівномірний за всією масою | Від білого до сірого, рівномірний | Від білого до сірого, нерівномірний |
| Запах | Чистий, кисломолочний, без стороннього запаху | Кисломолочний, із легким запахом олії | Слабовиражений, кисломолочний, із легким запахом олії | Слабовиражений, кисломолочний, із вираженим запахом олії |

*Закінчення таблиці 4.1*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Смак | Виражений, чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків | Виражений, кисломолочний, із легким післясмаком олії, без стороннього гіркого присмаку | Слабовиражений, надмірно кислий | Наявність стороннього присмаку, окиснений, прогірклий |

*Таблиця 4.2* – **Бальне оцінювання напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

| Найменування показника | Коефіцієнт вагомості | Оцінка (Q) в балах | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | відмінно | добре | задовільно | незадовільно |
| Зовнішній вигляд | 0,1 | 0,45…0,50 | 0,40…0,44 | 0,30…0,39 | 0,20…0,29 |
| Консистенція | 0,3 | 1,35…1,50 | 1,20…1,34 | 0,90…1,19 | 0,60…0,89 |
| Колір | 0,15 | 0,68…0,75 | 0,60…0,67 | 0,45…0,59 | 0,30…0,44 |
| Запах | 0,3 | 1,35…1,5 | 1,20…1,34 | 0,90…1,19 | 0,60…0,89 |
| Смак | 0,15 | 0,68…0,75 | 0,60…0,67 | 0,45…0,59 | 0,30…0,44 |
| Загальна оцінка | 1,0 | 5,0 ≤Q<4,5 | 4,5 ≤Q<4,0 | 4,0 ≤Q<3,0 | 3,0 ≤Q≤2,0 |

Профіль органолептичного оцінювання дозволяє наглядно показати якість продукції в цілому через аналіз зазначених показників (рис. 4.1). Найважливішими органолептичними показниками вважаємо консистенцію та запах напівфабрикатів, у зв'язку з цим ці показники мають найвищі коефіцієнти вагомості (0,3 та 0,3 відповідно). Коефіцієнти вагомості таких показників, як зовнішній вигляд (0,1) та колір (0,15), є нижчими, оскільки їх значущість менша з огляду на те, що вони є напівфабрикатами, які підлягають подальшій обробці. Показники консистенції та запаху є визначними в разі виявлення вад готових напівфабрикатів із сиру кисломолочного, зміна яких автоматично призводить до браку та переведення продукту в категорію «незадовільно».

Продукти, що мають загальні оцінки «відмінно» (4,5…5,0) та «добре» (4,0…4,5) рекомендовані до реалізації в оптовій та роздрібній мережвх. У разі зниження загальної оцінки до «задовільно» (4,0…3,0) продукт має деякі недоліки та вади, які з'явилися під час виробництва, зберігання або транспортування продукції. До таких вад належать відмінності за показником «зовнішній вигляд», а саме неоднорідна маса з нерівною поверхнею та незначним відділенням сироватки.

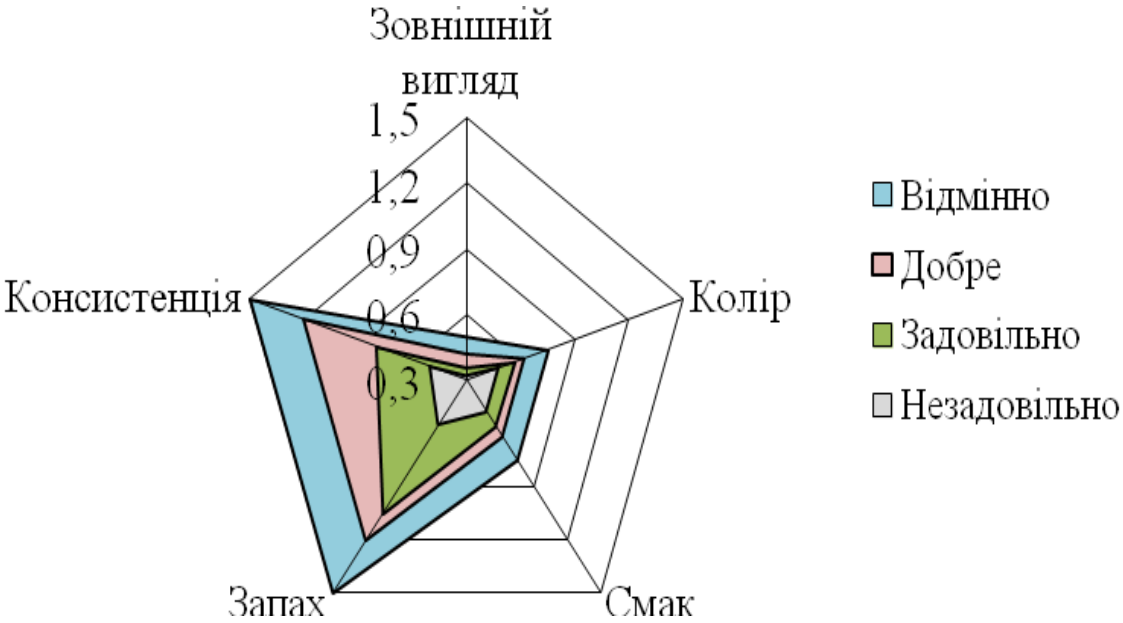



**Рисунок 4.1 – Профіль органолептичного оцінювання напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

*Таблиця 4.3* – **Бальні оцінки напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

| Найменування показника | Оцінка напівфабрикатів (бали) | | |
|---|---|---|---|
| | Масова частка жиру 5% | Масова частка жиру 10% | Масова частка жиру 15% |
| Зовнішній вигляд | 0,49 | 0,5 | 0,5 |
| Консистенція | 1,5 | 1,5 | 1,34 |
| Колір | 0,75 | 0,73 | 0,75 |
| Запах | 1,48 | 1,49 | 1,5 |
| Смак | 0,75 | 0,74 | 0,75 |
| Загальна оцінка | 4,97 | 4,96 | 4,84 |

Органолептичні показники напівфабрикатів із сиру кисломолочного наведені в табл. 4.4.

*Таблиця 4.4* – **Органолептичні показники напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

| Найменування напівфабрикатів | Найменування показників і характеристика | | |
|---|---|---|---|
| | Зовнішній вигляд і консистенція | Колір | Запах і смак |
| Напівфабрикат із сиру кисломолочного з масовою часткою жиру 5% | Однорідна, кремоподібна, пластична, мазка маса з рівною, чистою поверхнею, без відділення сироватки та олії | Від білого до кремово-жовтого, рівномір-ний за всією масою | Виражений, чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаку та запаху |
| Напівфабрикат із сиру кисломолочного з масовою часткою жиру 10% | Однорідна, кремоподібна, пластична, мазка маса з рівною, чистою поверхнею, без відділення сироватки та олії | Від білого до кремово-жовтого, рівномір-ний за всією масою | Виражений, чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаку та запаху |
| Напівфабрикат із сиру кисломолочного з масовою часткою жиру 15% | Однорідна, кремоподібна, пластична, мазка маса з рівною, чистою поверхнею, без відділення сироватки та олії, злегка текуча | Від білого до кремово-жовтого, рівномірний за всією масою | Виражений, кисломолочний, із легким післясмаком та запахом олії, без стороннього присмаку гіркоти |

За результатами органолептичного оцінювання визначено, що розроблені напівфабрикати з сиру кисломолочного характеризуються високими показниками якості та можуть бути реалізовані через мережу оптової та роздрібної торгівлі.

Харчова цінність напівфабрикатів із сиру кисломолочного визначається вмістом у них білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин. Дослідження харчової та біологічної цінності напівфабрикатів із сиру кисломолочного визначали за загальноприйнятими методиками. Масову частку вологи в напівфабрикатах із сиру кисломолочного визначали за ГОСТ 3626 [172]; вміст загального білка – методом К'єльдаля [173]; масову частку жира – кислотним методом [174]; масову частку лактози – поляриметричним методом [174]; масову частку загальних мінеральних речовин та мінеральний склад визначали на рентгено-флуоресцентному аналізаторі ElvaX Light SDD, детекторі Oxford X-max 80; вміст золи – спалюванням наважки дослідного зразка з пропіканням мінерального залишку в муфельній печі за температури 750…800°С [174]; амінокислотний склад білків напівфабрикатів визначали методом висхідної тонкошарової хроматографії на селікагелевих пластинках [175]; амінокислотний скор білків і ступінь збалансованості амінокислот досліджували за методами ФАО/ВООЗ [176]; жирнокислотний склад ліпідів –

методами газової хроматографії [177]; масову частку органічних кислот – ферментативним методом [174].

Визначено хімічний склад напівфабрикатів із сиру кисломолочного (табл. 4.5).

*Таблиця 4.5* – **Хімічний склад напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

| Найменування показника | Вміст для напівфабрикатів із масовою часткою жиру, % | | |
|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 |
| Масова частка білка, % | 14,4±0,1 | 13,7±0,1 | 12,9±0,1 |
| Масова частка жиру, % | 5,0±0,1 | 10,0±0,1 | 15,0±0,1 |
| Масова частка лактози, % | 2,17±0,10 | 2,05±0,10 | 1,94±0,10 |
| Масова частка мінеральних речовин, % | 1,07±0,05 | 1,05±0,05 | 0,95±0,05 |
| Масова частка органічних кислот, % | 0,86±0,01 | 0,72±0,01 | 0,65±0,01 |

Із наведених даних в табл. 4.5 видно, що з підвищенням масової частки жиру в напівфабрикатах масова частка білка знижується з 14,4±0,1% до 12,9±0,1%, масова частка лактози – з 2,17±0,10% до 1,94±0,10%, масова частка мінеральних речовин – з 1,07±0,05% до 0,95±0,05%, масова частка органічних кислот – з 0,86±0,01% до 0,65±0,01%. Вологоутримувальна здатність напівфабрикатів підвищується зі збільшенням масової частки жиру в рецептурному складі й коливається від 54,5±1,0% до 56,3±1,0%.

У межах дослідження хімічного складу визначено амінокислотний склад (табл. 4.6) та біологічну цінність напівфабрикату, жирнокислотний склад ліпідів та мінеральний склад зольного залишку (на прикладі напівфабрикату з масовою часткою жиру 10%).

*Таблиця 4.6* – **Амінокислотний склад напівфабрикату з сиру кисломолочного**

| Найменування амінокислоти | Кількість амінокислот у напівфабрикаті | |
|---|---|---|
| | Кількість амінокислот, мг/100 г | Вміст амінокислот, % |
| 1 | 2 | 3 |
| ***Незамінні, у т.ч.*** | ***5848*** | ***42,8*** |
| Валін | 756 | 5,5 |
| Ізолейцин | 763 | 5,6 |
| Лейцин | 1400 | 10,3 |
| Лізин | 1104 | 8,1 |
| Метіонін | 365 | 2,7 |

*Закінчення таблиці 4.6*

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Треонін | 611 | 4,5 |
| Триптофан | 140 | 1,0 |
| Фенілаланін | 709 | 5,2 |
| ***Замінні, у т.ч.*** | ***7806*** | ***57,2*** |
| Аланін | 338 | 2,5 |
| Аргінін | 613 | 4,5 |
| Аспарагінова кислота | 768 | 5,6 |
| Гістидин | 425 | 3,1 |
| Гліцин | 198 | 1,5 |
| Глутамінова кислота | 2499 | 18,3 |
| Пролін | 1546 | 11,3 |
| Серин | 631 | 4,6 |
| Тирозин | 711 | 5,2 |
| Цистин | 77 | 0,6 |
| ***Загальна кількість АК*** | ***13654*** | ***100*** |

Аналіз даних табл. 4.6 дозволяє стверджувати, що в складі напівфабрикату з сиру кисломолочного міститься 18 амінокислот, 42,8% яких припадає на незамінні та 57,2% – на замінні амінокислоти. Співвідношення незамінних та замінних амінокислот становить 1:1,3. Превалюють серед незамінних амінокислот лейцин (10,3%) та лізин (8,1%); серед незамінних – аспарагінова кислота (5,6%), глутамінова кислота (18,3%) та пролін (11,3%).

Біологічну цінність білка оцінювали шляхом розрахунку амінокислотного скора та порівняння його з амінокислотним скором ідеального білка (табл. 4.7).

*Таблиця 4.7* – **Біологічна цінність напівфабрикату з сиру кисломолочного**

| Найменування амінокислоти | Рекомендований вміст ФАО/ВООЗ, мг/1 г білка | Напівфабрикат із сиру кисломолочного | |
|---|---|---|---|
| | | Фактичний вміст, мг/1 г білка | Амінокислотний скор |
| Ізолейцин | 40 | 63,58 | 158,96 |
| Лейцин | 70 | 116,67 | 166,67 |
| Лізин | 55 | 92,00 | 167,27 |
| Метіонін+цистин | 35 | 36,83 | 105,24 |
| Фенілаланін+тирозин | 60 | 118,33 | 197,22 |
| Треонін | 40 | 50,92 | 127,29 |
| Триптофан | 10 | 11,67 | 116,67 |
| Валін | 50 | 63,00 | 126,00 |

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, лізин, ізолейцин тощо, при цьому вміст метіоніну та цистину в білках наближається до рівня їх вмісту в ідеальному білку.

Для характеристики збалансованості незамінних амінокислот розраховано «триптофановий» та «треоніновий» індекси (табл. 4.8). Розрахунок «триптофанового» індексу показав, що продукт містить дещо перевищену кількість лейцину і лізину. Аналіз співвідношення амінокислот за «треоніновим» індексом також підтверджує, що напівфабрикат перенасичений лізином та лейцином, але недостатньо збалансований за валіном, ізолейцином, метіоніном та триптофаном.

*Таблиця 4.8* – **Збалансованість незамінних амінокислот у складі напівфабрикату з сиру кисломолочного**

| Найменування амінокислоти | Збалансованість за «триптофановим» індексом | | Збалансованість за «треоніновим» індексом | |
|---|---|---|---|---|
| | Стандартна шкала ФАО/ВООЗ | Напівфабрикат із сиру кисломолочного | Стандартна шкала ФАО/ВООЗ | Напівфабрикат із 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 й від ступеня їх перетравлення ферментами шлунково-кишкового тракту людини. Ферментативний гідроліз білків напівфабрикатів із сиру кисломолочного визначали за методом А. А. Покровського та Є. Д. Єртанова [178]. Про ступінь перетравлення білків зразків судили з різниці між кількістю білків, витрачених на перетравлення, та з кількості 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).

За результатами дослідження зразків на перетравлення встановлено, що ступінь перетравлювання білків пепсином для сиру кисломолочного становив $11{,}0\pm0{,}3\times10^3$ г тирозину, для напівфабрикату з сиру кисломолочного, одержаного з декальцифікованого молока, – $14{,}5\pm0{,}3\times10^3$ г тирозину.

Ступінь перетравлювання трипсином для сиру кисломолочного становив $36,8\pm1,0\times10^3$ г тирозину, для напівфабрикату з сиру кисломолочного – $48,0\pm1,0\times10^3$ г тирозину. Концентрація продуктів гідролізу в діалізаті становила відповідно $47,7\pm1,0\times10^3$ г та $62,4\pm1,0\times10^3$ г тирозину. Отже, аналіз вищенаведених даних дозволяє стверджувати, що перетравлюваність білків напівфабрикату з сиру кисломолочного протеолітичними ферментами *in vitro* підвищується в 1,3 разу порівняно з сиром кисломолочним.

Визначено жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикату з сиру кисломолочного (табл. 4.9).

*Таблиця 4.9* – **Жирнокислотний склад ліпідів напівфабрикату з сиру кисломолочного**

| Найменування жирних кислот | Індекс кислоти | Вміст жирних кислот, г/100 г | Вміст жирних кислот, % |
|---|---|---|---|
| Насичені жирні кислоти | | 1,13 | 11,92 |
| Пальмітинова | $C_{16:0}$ | 0,62 | 6,54 |
| Стеаринова | $C_{18:0}$ | 0,41 | 4,32 |
| Арахінова | $C_{20:0}$ | 0,03 | 0,32 |
| Бегенова | $C_{22:0}$ | 0,07 | 0,74 |
| Мононенасичені жирні кислоти | | 2,37 | 25,00 |
| Олеїнова | $C_{18:1}$ | 2,37 | 25,00 |
| Поліненасичені жирні кислоти | | 5,98 | 63,08 |
| Лінолева | $C_{18:2}$ | 5,98 | 63,08 |
| Загальна кількість жирних кислот | | 9,48 | 100 |

Установлено (табл. 4.9), 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.

Виходячи з сучасних уявлень про фізіологічну роль жирних кислот, можна зробити висновок, що розроблений напівфабрикат із сиру кисломолочного відносно збалансований за жирнокислотним складом, є джерелом поліненасичених жирних кислот, що може характеризувати напівфабрикат як продукт із високою харчовою цінністю.

Визначено мінеральний склад зольного залишку напівфабрикату з сиру кисломолочного (табл. 4.10).

*Таблиця 4.10* – **Мінеральний склад зольного залишку напівфабрикату з сиру кисломолочного**

| Найменування мінеральних речовин | Вміст у напівфабрикаті, мг% |
|---|---|
| Калій | 112±3 |
| Кальцій | 97±3 |
| Магній | 22±1 |
| Натрій | 55±2 |
| Фосфор | 180±2 |
| Усього макроелементів | 466±11 |

Визначено, що мінеральний склад зольного залишку напівфабрикату представлено калієм (112±3%), кальцієм (97±3%), магнієм (22±1%), натрієм (55±2%), фосфором (180±2%).

Безпечність розроблених напівфабрикатів оцінювали шляхом визначення мікробіологічних (табл. 4.11) та токсикологічних (табл. 4.12) показників, вмісту радіонуклідів. Мікробіологічні показники напівфабрикатів із сиру кисломолочного визначали: КМАФАМ – за ГОСТ 10444.15 [179], Staphylococcus aureus – за ГОСТ 10444.2 [180], бактерії роду Salmonella – за ГОСТ 30519 [181], дріжджі та плісняві гриби – за ГОСТ 10444.12 [182], БГКП – за ГОСТ 9225 [183].

Визначення токсичних елементів та солей важких металів у складі напівфабрикатів із сиру кисломолочного здійснювали за ГОСТ 26927 [184], ГОСТ 26930 [185], ГОСТ 26931 [186], ГОСТ 26932 [187], ГОСТ 26933 [188], ГОСТ 26934 [189].

За результатами дослідження мікробіологічних показників (табл. 4.11) установлено, що бактерії групи кишкової палички, плісняві гриби, дріжджі й патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми в напівфабрикатах із сиру кисломолочного не виявлені.

*Таблиця 4.11* – **Мікробіологічні показники напівфабрикату з сиру кисломолочного**

| Найменування показника | Допустимі рівні | Напівфабрикати з сиру кисломолочного |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Загальна кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту, не менше | $1\times10^6$ | $1\times10^7$ |
| Бактерії групи кишкової палички (коліформи), у 0,01 г | не допускається | не виявлено |
| Патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Sallmonella,* у 25 г | не допускається | не виявлено |

*Закінчення таблиці 4.11*

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| *Staphylococcus aureus*, в 1 г | не допускається | не виявлено |
| Дріжджі, КУО в 1 г, не більше | 100 | не виявлено |
| Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше | 50 | не виявлено |
| Listeria monocytogenes, у 25 г | не допускається | не виявлено |

*Таблиця 4.12* – **Вміст токсичних елементів у напівфабрикатах з сиру кисломолочного**

| Найменування показника | Допустимі рівні, мг/кг не більше | Фактичне значення, мг/кг |
|---|---|---|
| Свинець | 0,3 | 0,1 |
| Ртуть | 0,02 | не виявлено |
| Кадмій | 0,2 | не виявлено |
| Миш'як | 0,2 | не виявлено |
| Мідь | 4,0 | 1,0 |
| Цинк | 50 | 10 |

На підставі одержаних даних з'ясовано, що вміст токсичних елементів у напівфабрикатах із сиру кисломолочного не перевищує допустимих рівнів, установлених МБТ і СН 5061 [190].

Вміст радіонуклідів у напівфабрикатах із сиру кисломолочного не перевищував допустимі рівні, установлені ДГН 6.6.1.1.-130-2006 «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 становив 80 Бк/кг для цезію та 10 Бк/кг для стронцію. Одержані дані під час визначення мікробіологічних та токсикологічних показників напівфабрикатів із сиру кисломолочного відповідають вимогам чинного законодавства [191; 192] та ДГН 6.6.1.1.-130-2006 [193].

Одержані результати дослідження загального хімічного складу, показників якості та безпечності напівфабрикатів з сиру кисломолочного підтверджують відповідність цієї 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 технологічної інструкції з їх виробництва.

## 4.2. Обґрунтування умов та строків зберігання напівфабрикатів із сиру кисломолочного

Під час розробки нового продукту важливо обґрунтувати умови та строки його зберігання, а також визначити закономірності зміни органолептичних (табл. 4.13), фізико-хімічних, структурно-механічних та мікробіологічних

показників. Слід зазначити, що обґрунтування умов та строку зберігання напівфабрикатів із сиру кисломолочного проводили з урахуванням коефіцієнта резерву та аггравованих температур. Зокрема, зразки напівфабрикатів зберігали в споживчому упакуванні з поліетилену масою 0,5 кг відповідно вимог МУ 4.2.727-99 [194] в модифікованому газовому середовищі BIOGON NC 20, при цьому температура зберігання становила 0…6°С та 8…10°С (принцип аггравованих температур), строк зберігання – 20 діб, вологість – 75%.

*Таблиця 4.13* – **Органолептичні показники напівфабрикатів із сиру кисломолочного протягом зберігання (t = 0…6°С)**

| Найменування показника | Значення показника протягом зберігання, діб | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Свіжовиготов-лений | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Зовнішній вигляд і консистенція | Однорідна, кремоподібна, пластична, мазка маса з рівною, чистою поверхнею, без відділення сироватки та олії, | | | | |
| Колір | Від білого до кремово-жовтого, рівномірний за всією масою | | | | |
| Запах і смак | Виражений, чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків та запахів | | | | |

Аналіз результатів органолептичного оцінювання напівфабрикатів із сиру кисломолочного (табл. 4.13) дозволяє стверджувати, що під час зберігання протягом 20 діб органолептичні показники не погіршуються.

Поряд із дослідженням органолептичних властивостей проводили дослідження фізико-хімічних показників напівфабрикатів із сиру кисломолочного, результати якого наведені в табл. 4.14.

*Таблиця 4.14* – **Результати дослідження фізико-хімічних показників напівфабрикатів із сиру кисломолочного протягом зберігання (t = 0…6°С)**

| Найменування показника | Значення показника протягом зберігання, діб | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Свіжовиго-товлений | 5 | 10 | 15 | 20 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Масова частка вологи, % | 72,5±0,5 | 72,5±0,5 | 70,5±0,5 | 70,5±0,5 | 70,5±0,5 |
| Масова частка білка, % | 13,7±0,5 | 13,7±0,5 | 13,9±0,5 | 13,9±0,5 | 13,9±0,5 |
| Масова частка жиру, % | 10,0±0,5 | 10,0±0,5 | 10,2±0,5 | 10,2±0,5 | 10,2±0,5 |

*Закінчення таблиці 4.14*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Масова частка мінеральних речовин, % | 1,05±0,01 | 1,05±0,01 | 1,07±0,01 | 1,07±0,01 | 1,07±0,01 |
| Кислотність титрована, °Т | 130,0±0,5 | 130,0±0,5 | 132±0,5 | 134±0,5 | 139±0,5 |

Аналіз даних, наведених у табл. 4.14, дозволяє стверджувати, що масова частка вологи, білка, жиру та мінеральних речовин напівфабрикатів із сиру кисломолочного під час зберігання протягом 20 діб змінюється (варіювання показників у межах похибки вимірювання). Експериментальні дослідження з визначення інших фізико-хімічних показників указує на незначне підвищення титрованої кислотності.

Досліджено ефективну в'язкість та вологоутримувальну здатність напівфабрикатів із сиру кисломолочного під час зберігання. Установлено, що ефективна в'язкість напівфабрикатів під час зберігання протягом 20 діб знижується незначним чином – із 2,2±0,1 Па×с до 2,0±0,1 Па×с, а вологоутримувальна здатність – із 54,5±1,0% до 52,3±1,0% та знаходиться в межах похибки.

Досліджено мікробіологічні показники напівфабрикатів із сиру кисломолочного протягом зберігання (табл. 4.15). Аналіз одержаних даних щодо визначення мікробіологічних показників дозволяє стверджувати, що під час зберігання напівфабрикатів із сиру кисломолочного протягом 20 діб бактерії групи кишкової палички, плісняві гриби, дріжджі, патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми не виявлені. Таким чином, на підставі дослідження органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних та мікробіологічних показників обґрунтовані умови та строк зберігання напівфабрикатів із сиру кисломолочного, а саме 15 діб за температури 0…6°С та відносної вологості повітря 75% у модифікованому газовому середовищі BIOGON NC 20.

*Таблиця 4.15* – **Мікробіологічні показники напівфабрикатів із сиру кисломолочного протягом зберігання**

| Найменування показника | Допустимі рівні | Значення показника протягом зберігання, діб, t = 0…6 °С | | | | | Значення показника протягом зберігання, діб, t = 8…10 °С | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Свіжо-виготовлений | 5 | 10 | 15 | 20 | Свіжо-виготовлений | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Загальна кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 г продукту, не менше | $1\times10^6$ | $1\times10^7$ | $1\times10^7$ | $1\times10^7$ | $1\times10^7$ | $1\times10^6$ | $1\times10^7$ | $1\times10^7$ | $1\times10^7$ | $1\times10^7$ | $1\times10^6$ |
| Бактерії групи кишкової палички (коліформи), в 0,01 г | не допускається | не виявлено | | | | | не виявлено | | | | |
| Патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Sallmonella*, у 25 г | не допускається | не виявлено | | | | | не виявлено | | | | |
| *Staphylococcus aureus*, в 1 г | не допускається | не виявлено | | | | | не виявлено | | | | |
| Дріжджі, КУО в 1 г, не більше | 100 | не виявлено | | | | | не виявлено | | | | |
| Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше | 50 | не виявлено | | | | | не виявлено | | | | |
| Listeria monocytogenes, у 25 г | не допускається | не виявлено | | | | | не виявлено | | | | |

### 4.3. Розробка рекомендацій із використання напівфабрикатів із сиру кисломолочного в технології кулінарної та кондитерської продукції

На підставі аналітичних досліджень спрогнозовані шляхи використання напівфабрикатів із сиру кисломолочного в закладах ресторанного господарства (рис. 4.2). Із наведеної схеми (рис. 4.2) та науково обґрунтованих рекомендацій (рис. 4.4) видно, що напівфабрикати з сиру кисломолочного можуть використовуватися в складі запіканок, пудингів, кремів, закусочних паст для бутербродів, морозива, печива сирного, соусів тощо. Корегування рецептурного складу може відбуватися шляхом уведення додаткових компонентів.

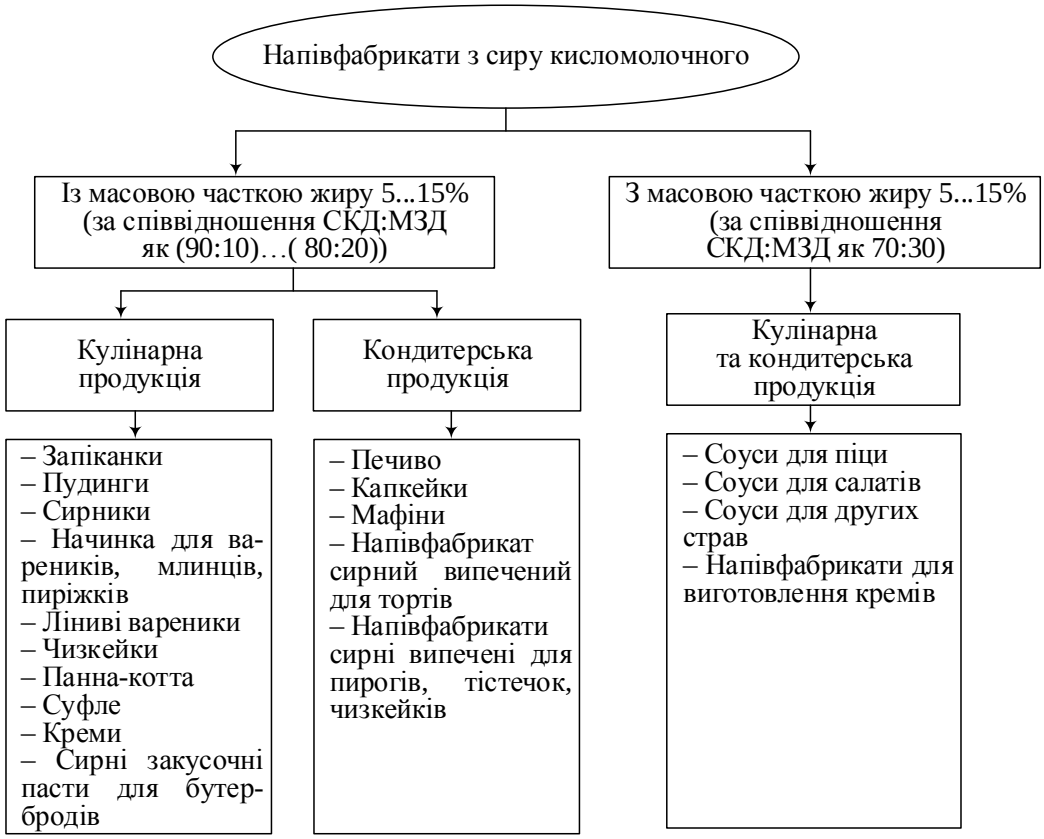



**Рисунок 4.2 – Шляхи використання напівфабрикатів із сиру кисломолочного**

Використання напівфабрикатів дозволяє спростити технологічний процес виробництва кулінарної та кондитерської продукції за рахунок відсутності технологічних операцій із протирання сиру кисломолочного, відокремлення сироватки, забезпечити сталі показники готової продукції.

Під час технологічних відпрацювань розроблені рецептурний склад та технології кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів із сиру кисломолочного. Асортимент кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів із сиру кисломолочного, умови, строк зберігання та реалізації відображені в технологічній інструкції з виготовлення напівфабрикатів із сиру кисломолочного до ТУ У 10.5–01566330-324:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного».

Під час технологічних випробувань відпрацьовані рецептурний склад та технологічний процес виробництва 12 найменувань кулінарної та кондитерської продукції, наведених у технологічній інструкції. На основі напівфабрикату з сиру кисломолочного з масовою часткою жиру 10% розроблені рецептурний склад (табл. 4.16) і технологічна схема виробництва (рис. 4.3), представлене фотографічне зображення (рис. 4.4) запіканки сирної.

*Таблиця 4.16* – **Рецептурний склад запіканки сирної на основі напівфабрикату з сиру кисломолочного**

| Найменування сировини | Витрати сировини на 100 кг, кг |
|---|---|
| Напівфабрикат із сиру кисломолочного (м.ч. жиру 10%) | 81,60 |
| Борошно пшеничне вищого ґатунку | 8,00 |
| Цукор білий | 7,00 |
| Яйця курячі | 2,00 |
| Родзинки | 2,00 |
| Ванілін | 0,01 |
| Сметана (масова частка жиру 20%) | 2,00 |
| Разом | 102,61 |
| Вихід | 100,00 |

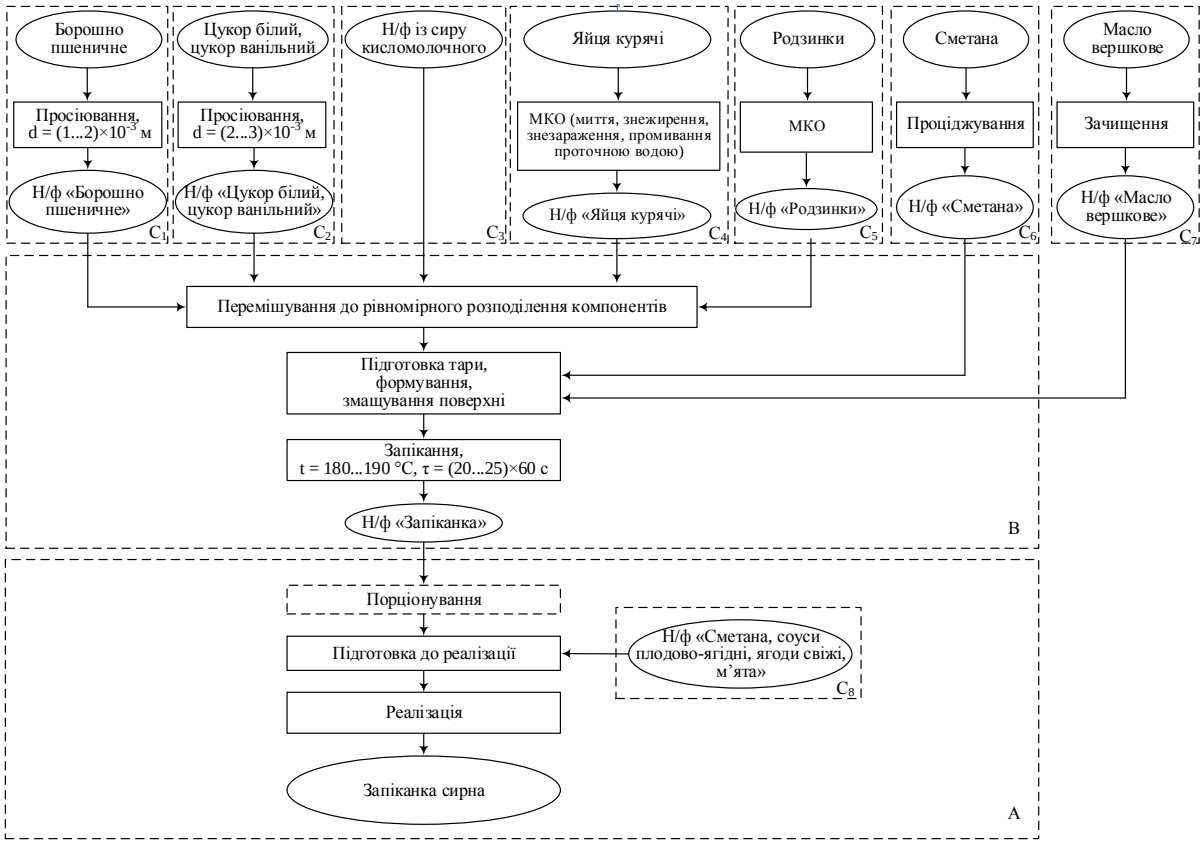



**Рисунок 4.3 – Технологічна схема виробництва запіканки сирної на основі напівфабрикату з сиру кисломолочного**

**Рисунок 4.4 – Фотографічне зображення запіканки сирної на основі напівфабрикату з сиру кисломолочного**

На основі напівфабрикату з сиру кисломолочного з масовою часткою жиру 10 % розроблено рецептурний склад (табл. 4.17), технологічну схему (рис. 4.5) виробництва печива сирного та напівфабрикату випеченого для тортів, представлено фотографічне зображення (рис. 4.6, 4.7).

*Таблиця 4.17* – **Рецептурний склад печива сирного на основі напівфабрикату з сиру кисломолочного**

| Найменування сировини | Вміст сухих речовин,% | Витрати сировини на 100 кг, кг | |
|---|---|---|---|
| | | У натурі | У сухих речовинах |
| Напівфабрикат із сиру кисломолочного (м.ч. жиру 10%) | 24,5 | 36,2 | 8,9 |
| Борошно пшеничне вищого ґатунку | 85,50 | 32,2 | 27,5 |
| Цукор білий | 99,85 | 30,7 | 30,7 |
| Яйця курячі | 27,00 | 10,0 | 2,7 |
| Пудра цукрова | 99,85 | 1,2 | 1,2 |
| Розпушувач для тіста | 50,0 | 0,1 | 0,05 |
| Разом | – | 110,4 | 71,1 |
| Вихід | – | 100,0 | 66,8 |

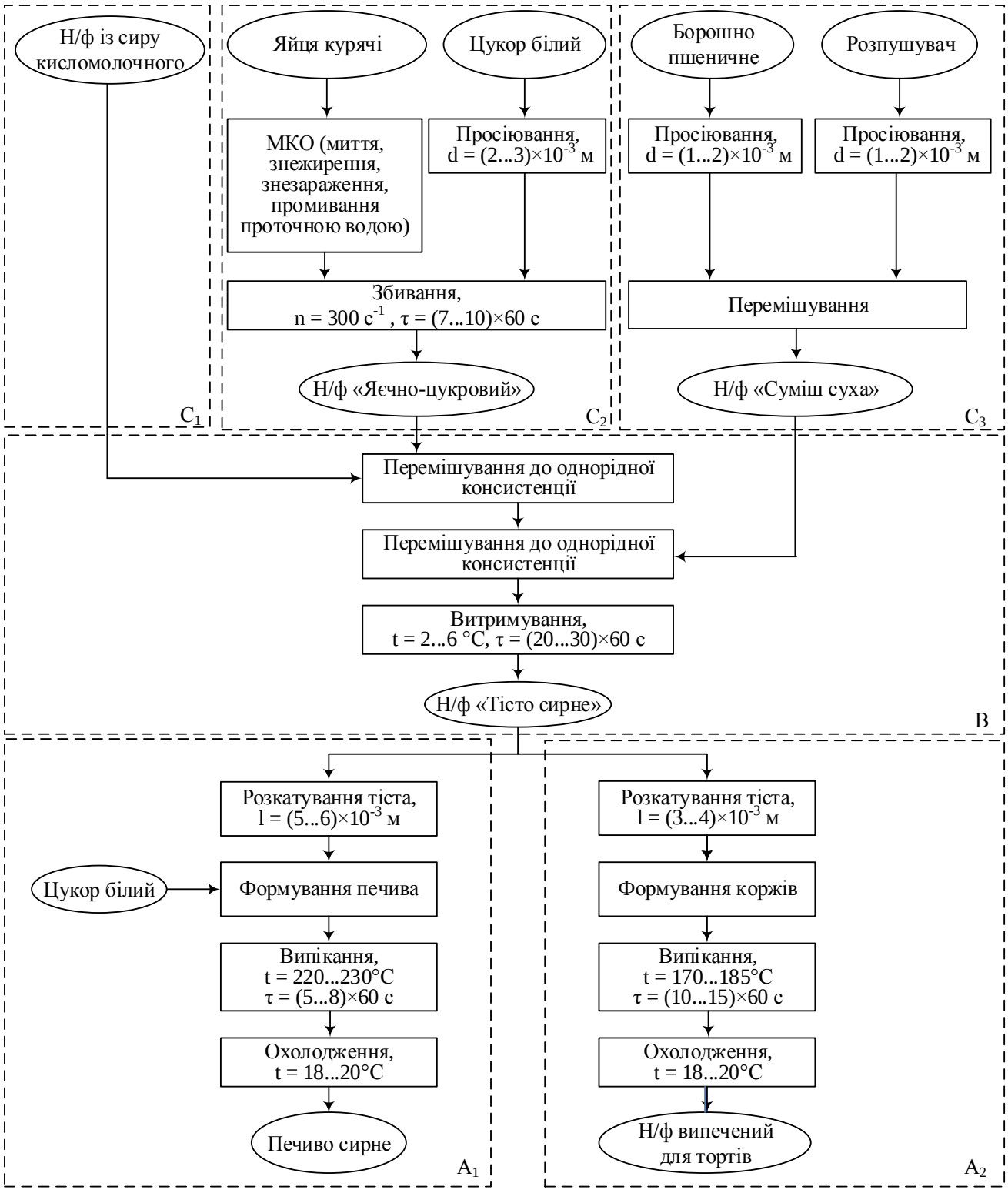



**Рисунок 4.5 – Технологічна схема виробництва тіста сирного, печива та напівфабрикату випеченого на його основі**

1 2

3 4

**Рисунок 4.6 – Фотографічне зображення печива сирного (1 – напівфабрикат до випікання; 2 – печиво сирне) та напівфабрикату випеченого для тортів (3 – випечений напівфабрикат; 4 – приклад використання напівфабрикату)**

На основі проведених досліджень визначено, що використання напівфабрикатів з сиру кисломолочного під час виробництва кулінарної та кондитерської продукції в закладах ресторанного господарства дозволяє розширити асортимент, запропонувати продукцію з новими споживними властивостями та сталими показниками якості, підвищити ефективність функціонування закладів ресторанного господарства.

# ВИСНОВКИ

1. На основі узагальнення науково-технічної інформації доведено доцільність наукового обґрунтування та розробки технології напівфабрикатів із сиру кисломолочного на основі молока знежиреного з регульованим ССС, запровадження якої сприятиме підвищенню ефективності функціонування підприємств у межах міжгалузевої кооперації «молочна промисловість – ресторанний бізнес».

2. Досліджено закономірності впливу ССС молока на органолептичні, фізичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники сиру кисломолочного як білкового коагуляту. Визначено, що за раціональних параметрів декальцифікації молока знежиреного (виведення кальцію в кількості 20…25% до початкового вмісту) спостерігається підвищення виходу білкового коагуляту до 18,9±0,5%, ВУЗ до 52,2±1,0% з одночасним збільшенням масової частки вологи до 76,8±1,0% та зменшенням середнього діаметра білкових частинок (≤ 16,0±0,1 мкм), що свідчить про набуття системою нових технологічних властивостей.

3. Науково обґрунтовано технологічні параметри утворення стійких емульсійних пастоподібних систем на основі сирно-молочних сумішей із молока знежиреного з регульованим ССС. Установлено, що за раціонального співвідношення сир кисломолочний : молоко знежирене декальцифіковане як (90:10)…(70:30) точка інверсії фаз емульсій досягається за жироємності 50…75%, масова частка незруйнованої емульсії коливається в межах 79…92%.

4. Із використанням методів системного аналізу науково обґрунтовано та розроблено рецептурний склад і технологічну схему виробництва напівфабрикатів із сиру кисломолочного, досліджено її функціонування як технологічної системи. Визначені основні показники якості та безпечності нової продукції, харчова цінність та їх зміни під впливом технологічних чинників.

5. Розроблено та затверджено нормативну (ТУ У 10.5-01566330-324:2017 «Напівфабрикати з сиру кисломолочного») та технологічну (технологічна інструкція з виробництва напівфабрикатів із сиру кисломолочного) документацію, що регламентує технологічний процес виробництва нової продукції. Обґрунтовано строк та умови зберігання напівфабрикатів із сиру кисломолочного: не більше ніж 15 діб за температури 0…6°С та відносної вологості повітря не більше ніж 75% за умов використання модифікованого газового середовища BIOGON NC 20.

6. Розроблено науково обґрунтовані рекомендації з використання напівфабрикатів із сиру кисломолочного в технології кулінарної та кондитерської продукції. Напівфабрикати за співвідношення сир кисломолочний : молоко знежирене декальцифіковане як (90:10)…(80:20) та масової частки жирової фази 5…15% рекомендовані для виробництва запіканок, пудингів, сирників, печива, капкейків тощо, за співвідношення як 70:30 – соусів для піци, салатів, других страв, оздоблювальних напівфабрикатів. Проведено комплекс організаційно-технологічних заходів із впровадження нової технології у виробництво та освітній процес.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. Dickinson E. Interfacial structure and stability of food emulsions as affected by protein–polysaccharide interactions // Soft Matter. 2008. Vol. 4. №. 5. P. 932–942.
2. Horne D. S. Casein micelle structure and stability // Milk Proteins (Second Edition). 2014. P. 169–200.
3. 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.
4. Измайлова В. Н., Ребиндер П. А. Структурообразование в белковых системах. М.: Наука, 1974. 268 с.
5. Дерягин Б. В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок. М.: Наука, 1986. С. 18–199.
6. Щукин Е. Д. Развитие учения П. А. Ребиндера о факторах сильной стабилизации дисперсных систем // Коллоид. журн. 1997. Т. 59. № 2. С. 270–284.
7. Урьев Н. Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988. 256 с.
8. Uriev N. B. Physicochemical dynamics of disperse systems // Russian chemical reviews. 2004. Vol. 73. № 1. P. 37–58.
9. Урьев Н.°Б., Талейсник М. А. Пищевые дисперсные системы (физико-химические основы интенсификации технологических процессов). М.: Агропромиздат, 1985. 296 с.
10. 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.
11. Горбатова К. К., Гунькова П. И. Биохимия молока и молочных продуктов : учеб. 4-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГИОРД, 2010. 336 с.
12. Зубченко А. В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: учебник. 2-е издание. Воронеж, 2001. 389 с.
13. Інноваційні технології виробництва харчової продукції масового споживання: монографія / за заг. ред. П. П. Пивоварова. Х.: ХДУХТ, 2011. 444 с.
14. Гринченко О. А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции с использованием полуфабрикатов функциональных композиций на основе полисахаридов: дис. д-ра. техн. наук: 05.18.16. Х., 2005. 380 с.
15. Горальчук А. Б. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною структурою : дис. д-ра техн. наук: 05.18.16. Х., ХДУХТ, 2016. 374 с.
16. Im-Emsap W., Paeratakul O., Siepmann J. Disperse systems // Modern pharmaceutics. 2002. P. 237–285.
17. Matijevic E., Good R. J. (ed.). Surface and colloid science. Springer Science & Business Media, 2012. Vol. 12.

18. 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.

19. Takeo M. Disperse systems // Digital Encyclopedia of Applied Physics. 2003. P. 1–13.

20. Attwood D. Disperse systems //Aulton's Pharmaceutics E-Book: The Design and Manufacture of Medicines. 2013. P. 62.

21. Тепел Альфред. Химия и физика молока / Пер. с нем. Фильчакова С. А. СПб.: Профессия, 2012. 832 с.

22. 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.

23. Урьев Н. Б. Физико-химическая динамика дисперсных систем // Успехи химии. 2004. Т. 73. № 1. С. 39–62.

24. McClements D. J. Theoretical analysis of factors affecting the formation and stability of multilayered colloidal dispersions // Langmuir. 2005. Vol. 21. № 21. P. 9777–9785.

25. 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.

26. Faka M. et al. The effect of free Ca 2+ on the heat stability and other characteristics of low-heat skim milk powder // International Dairy Journal. 2009. Vol. 19. № 6. P. 386–392.

27. Vasbinder A. J. et al. Acid-induced gelation of heat-treated milk studied by diffusing wave spectroscopy // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2001. Vol. 21. № 1–3. P. 245–250.

28. Горбатова К. К. Химия и физика молока: учебник для вузов. СПб.: ГИОРД, 2004. 288 с.

29. Богатова О. В., Догарева Н. Г. Химия и физика молока: учебное пособие. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 137 с.

30. Fox P. F. Milk proteins: general and historical aspects // Advanced Dairy Chemistry1 – Proteins. Springer US, 2003. P. 1–48.

31. McKenzie H. (ed.). Milk Proteins V1: Chemistry and molecular biology. Elsevier, 2012.

32. 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.

33. 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.

34. 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.

35. Singh H. Heat stability of milk // International Journal of Dairy Technology. 2004. Vol. 57. № 2–3. P. 111–119.

36. 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.

37. Осинцев А. М. Теоретические и эксперементальные исследования коагуляции молока: дис. … д-р техн. наук. Кемерово, 2007. 332 с.

38. Гуньков С. В. Влияние технологических свойств молока на выход и качество творога: дис. … канд. техн. наук. СПб., 2006. 158 с.

39. Курьянова Н. Х. Физические свойства молока // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения. 2014. № 1. С. 340–343.

40. 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.

41. 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.

42. 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.

43. 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 an dairy products. Patent WO/2002/082917.

44. Bhaskar G. V. Dairy product and process. U.S. Patent Application No. 12/439,471, 2010.

45. Bhaskar G. V., Gao H., Donk R. K. Dairy product and process: заяв. пат. 13810161 США. 2013.

46. Харитонов В. Д., Агаркова Е. Ю., Будрик В. Г. Актуальные пути повышения качества и безопасности молока // Переработка молока. 2010. № 10. С. 26–27.

47. 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.

48. 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.

49. Lucey J. A. The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels // Food Hydrocolloids. 2001. Vol. 15. № 4–6. P. 603–608.

50. Lucey J. A. Formation and physical properties of milk protein gels // Journal of Dairy Science. 2002. Vol. 85. № 2. P. 281–294.

51. 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.

52. Lee W. J., Lucey J. A. Formation and physical properties of yogurt // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 2010. Vol. 23. № 9. P. 1127–1136.

53. 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.

54. O'Connell J. E., Fox P. F. Heat-induced coagulation of milk // Advanced Dairy Chemistry–1 Proteins. Springer, Boston, MA, 2003. P. 879–945.

55. Харитонов В. Д, Евдокимов И. А., Алиева Л. Р. Тенденции развития технологий переработки молока // Молочная промышленность. 2003. № 10. С. 5–8.

56. Phadungath C. The mechanism and properties of acid-coagulated milk gels // Songklanakarin J. Sci. Technol. 2005. Vol. 27 (2). P. 433–448.

57. Lucey J. A., Singh H. Acid coagulation of milk // Advanced Dairy Chemistry–1 Proteins. Springer US, 2003. P. 1001–1025.

58. Lucey J. A. Acid Coagulation of Milk // Advanced Dairy Chemistry. Springer New York, 2016. P. 309–328.

59. Le Bon Ch., Nicolai T., Durand D. Kinetics of aggregation and gelation of globular proteins after heat-induced denaturation. Macromolecules 1999. Vol. 32. P. 6120–6127.

60. 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.

61. Остроумов Л. А., Бобылин В. В. Основные закономерности формирования мягких кислотно-сычужных сыров // Сыроделие. 1999. № 1. С. 21.

62. 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.

63. 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. P. 415–427.

64. Spreer E. Milk and dairy product technology // Routledge, 2017. 477 p.

65. 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.

66. Афанасьева Е. О. Совершенствование термостатного способа производства йогурта: дис. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2015.

67. Мироненко И. М., Сиденко Ю. А. Исследование динамики pH 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.

68. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина и проф., д-ра мед. наук М. Н. Волгарева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1987. 360 с.

69. Крусь 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.

70. Шалыгина А. М., Калинина Л. В. Общая технология молока и молочних продуктов: учебник для вузов. М.: Колос, 2007. 200 с.

71. Калинина Л. В., Ганина В. И., Дунченко Н. И. Технология цельномолочных продуктов: учеб. пособ. СПб.: ГИОРД, 2008. 248 с.

72. Назаров П. В. Порог кислотной коагуляции как один из физико-химических параметров исследования молока // Приволжский научный вестник. 2016. № 6 (58).

73. Lodge J. F. M,, D. M. Heyes. Transient colloidal gels by Brownian dynamics computer simulation. Phys. Chem. Chem. Phys., 1999. Vol. 1. P. 2119–2130.

74. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биохимические и физико-химические аспекты // 2-е изд. испр. и доп. М.: ДеЛи принт, 2004. 804 с.

75. Тамим А. Й., Робинсон Р. К. Йогурт и другие кисломолочные продукты // пер с англ. под научн. ред. Л. А. Забодаловой. СПб.: Профессия, 2003. 664 с.

76. Горбатова К. К., Гунькова П. И., Гуньков С. В. Изучение основных факторов, влияющих на выход и качество белковых молочных продуктов // Матер. III Междунар. научно-технич. конф. «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке», СПб. 2007. С. 13–15.

77. Чагаровский А. П. Технологические основы применения ультрафильтрации в процессах консервирования и переработки молочного сырья: дис. … докт. техн. наук. Одесса, 1989. 491 с.

78. Esther J. P. de Kort Influence of calcium chelators on concentrated micellar casein solutions: from micellar structure to viscosity and heat stability PhD thesis, Wageningen University. Wageningen, NL, 2012. 153 p.

79. Назаренко І. В., Чумочова Т. Ю. Особливості виробництва сиркових десертів // Науковий вісник Національного аграрного університету. Миколаїв, 2013. № 76. С. 25–30.

80. Перковец М. В. Молочные продукты с инсулином и олигофруктозой // Молочная промышленность. М., 2011. № 11. С. 12–14.

81. Грек О. В., Тимчук А. В. Технологічні прийоми збереження маси молочно-білкових сумішей з продуктами переробки зернових // Науковий вісник національного університету харчових технологій. К., 2013. № 75. С. 20–23.

82. Раичева Е. Ю. Инновационные решения при производстве творога и масла. Семинар компании «Протемол» в Вологде // Молочная промышленность. 2015. № 1. С. 24–26.

83. Дренов А. Н., Лялин В. А. Производство творога на мембранных установках: качественно и рентабельно // Молочная промышленность. 2013. № 1. С. 42.

84. Пяткин П. Н., Пяткин Н. П. Ультрафильтрация в производстве творога // Наука сегодня: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, г. Вологда, 24 октября 2014 г.: в 4 частях. Часть 1. Вологда: ООО «Издательский дом Вологжанин», 2014. 2014. С. 59.

85. Лялин В. А., Симоненко С. В., Рушель В. Эффективное производство творога – ультрафильтрация творожного сгустка // Молочная промышленность. 2016. № 1. С. 36–37.

86. Мерзликина А. А. и др. Применение ультрафильтрации в производстве творожных продуктов // Сыроделие и маслоделие. 2014. № 6. С. 44–45.

87. Rinaldoni A. N., Tarazaga C. C., Campderrós M. E., Padilla A. P. Assessing performance of skim milk ultrafiltration by using technical parameters // Journal of food engineering. 2009. Vol. 92. № 2. P. 226–232.

88. Чагаровский А. П., Гришин М. А., Чагаровский В. П. Ультрафильтрационная обработка молочного сырья и тенденции дальнейшей его переработки // Обзорная информация: сер. «Молочная промышленность». М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. С. 55.

89. Omar M. M., El-Nour A. A., Buchheim W. Preparation of heated, calcium-enriched skim milk retentate for producing yogurt and quark // Egypt. J. Dairy Sci. 1998. Vol. 26, № 1. P. 61–76.

90. Лобасенко Б. А., Лобасенко Р. Б. Ультрафильтрация молока и молочных продуктов. КемТИПП, 2006. 117 с.

91. Фриденберг Г. В. Пути развития производства творога // Молочная промышленность. 2012. № 4. С. 60–62.

92. Зобкова З. С. Особенности производства зерненого творога // Молочная промышленность. 2008. № 8. С. 6–8.

93. Обер С., Маяускайте В. Сепарированный творог: новая эра // Молочная промышленность. 2016. № 9. С. 50–51.

94. Федосеева Н. А., Артемьева И. О., Евстигнеева Л. В. Технология производства творога и оценка его качества в условиях производства // Переработка молока. 2017. № 2. С. 64–67.

95. Lobato-Calleros C. et al. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat // Food research international. 2007. Vol. 40. № 4. P. 529–537.

96. Dybing S. T. et al. Modified milk protein concentrates and their use in making gels and dairy products: patent 7192619 USA. 2007.

97. Jooyandeh H. Effect of fermented whey protein concentrate on texture of Iranian white cheese // Journal of texture studies. 2009. Vol. 40. № 5. P. 497–510.

98. Solowiej B. et al. Effect of whey protein concentrates on texture, meltability and microstructure of acid casein processed cheese analogs // Milchwissenschaft. 2010. Vol. 65. № 2. P. 169.

99. Бобракова Л. А., Мамаев А. В. Исследование реологических параметров при производстве обогащенного зерненого творога // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2013. Т. 40. № 1.

100. Остроумов Л. А., Просеков А. Ю., Бабич О. О. Молочно-белковые концентраты для плавленых сыров // Сыроделие и маслоделие. 2010. № 2. С. 21–23.

101. Забодалова Л. А., Иванова О. В. Изучение влияния белкового препарата Nutrilac® QU-7627 на качество и выход творога // Научный журнал

НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2013. № 2.URL http://www.processes.ihbt.ifmo.ru

102. Маджитов Д. Ф. Новые возможности известного ферментного препарата // Переработка молока. 2017. № 2. С. 52–53.

103. Черникова Г. Обзор заквасок для производства творога // Переработка молока. 2017. № 1. С. 12–13.

104. Кролл Я. Технология будущего для молочной промышленности // Молочная промышленность. 2013. № 2. С. 34–35.

105. Тихомирова Н. А. Современные пищевые ингредиенты для молочных продуктов // Молочная промышленность. 2012. № 8. С. 68–72.

106. Красавина Е. С. Технологические аспекты производства сырных паст на основе творога: дис. … канд. техн. наук. Кемерово: Кемер. технол. ин-т пищ. пром-сти, 2004. 131 с.

107. Буянова И. В. Новые технологии замораживания молочных продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 3. С. 45–49.

108. Одарченко А. М. Наукові основи формування якості харчових продуктів при консервуванні холодом // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. № 4. С. 40–42.

109. Павлова Ю. В. Производство творога // Молочная река. 2014. № 2. С. 14–18.

110. Здобнов А. И., Цыганенко В. А. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: для предприятий общественного питания. М.: Лада, 2009. 680 с.

111. Шильман Л. З. Технология кулинарной продукции: учеб. пособ. М.: Академия, 2016. 176 с.

112. Энциклопедия питания: в 10 т. под общ. ред. А. И. Черевко, В. М. Михайлова. Т. 7. Технология кулинарной продукции. Х.: Мир книг, 2016. 543 с.

113. Гачак Ю. Р., Вавричевич Я. С., Прокопюк Н. І. Розробка рецептур сиркових мас із кріопорошками «Морська капуста» та «Брокколі» та їх технологічні характеристики // Науковий вісник ЛНУВМБС ім. С.З. Гжицького. 2016. Т. 18. № 1 (65). С. 53–59.

114. Корзун В. Н., Антонюк І. Ю. Технологія запіканок із кисломолочного сиру підвищеної харчової цінності // Наукові праці ОНАХТ. 2014. Вип. 41. Т. 2. С. 63–67.

115. 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.

116. Гаврилова Н. Б., Толеубекова С. С. Особенность получения творожного десертного продукта // Сборник материалов иеждународной 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.

117. Способ получения творожной пасты: пат. 2243674 Россия, МПК[7] А 23 С 23/00 // Лунёва О. Н., Иванова Т. Н.; № 2003131130/13; заявл. 22.10.2003; опубл. 10.01.2005.

118. Способ производства творожного продукта: пат. 2213470 Россия, МПК[7] А 23 С 23/00 // Квасенков О. И., Юшина Е. А.; № 2002107374/13; заявл. 25.03.2002; опубл. 10.10.2003.

119. Способ производства творожного продукта: пат. 2213469 Россия, МПК[7] А 23 С 23/00 // Запорожский А. А., Квасенков О. И.; № 2002107366/13; заявл. 25.03.2002; опубл. 10.10.2003.

120. Способ производства творожного продукта: пат. 2210238 Россия, МПК[7] А 23 С 23/00 // Квасенков О. И.; № 2002107368/13; заявл. 25.03.2002; опубл. 20.08.2003.

121. Способ производства творожного продукта: пат. 2210237 Россия, МПК[7] А 23 С 23/00 // Квасенков О. И., Квасенков И. А.; № 2002107367/13; заявл. 25.03.2002; опубл. 20.08.2003.

122. Творожный десерт: пат. 2228055 Россия, МПК[7] А 23 С 23/00. // Артёмова Е. Н., Анпилогова Н. И.; № 2002114398/13; заявл. 31.05.2002; опубл. 10.05.2004.

123. Коновалов К. Л., Шулбаева М. Т., Лосева А. И., Мусина О. Н. Растительные пищевые композиты полифункционального назначения // Пищевая промышленность. 2010. № 7. С. 8–11.

124. Мінорова А. В. Розробка технології молочно-солодового десерту функціонального призначення: автореф. дис ... канд. техн. наук. К., 2004. 22 с.

125. Бовкун А. О. Дослідження фізико-хімічних процесів плавлення і розробка технології пастоподібних плавлених сирів з використанням кисломолочного сиру: автореф. дис ... канд. техн. наук. К., 2004. 20 с.

126. 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.

127. Дейниченко Г. В., Івашина Л. Л., Колісниченко Т. О. Технологія молочно-білкових запіканок з використанням йодовміщуючих водоростевих добавок: монографія. Х.: ХДУХТ, 2011. 17 с.

128. Дідух Н. А. Наукові основи розробки технологій молочних продуктів функціонального призначення: дис. докт. техн. наук 05.18.16. Одеса: ОНАХТ, 2008. 491 с.

129. 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.

130. Поліщук Г. Є. Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами: дис. докт. техн. наук. К.: НУХТ, 2013. 480 с.

131. 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.

132. Соловьева М. С. Разработка технологии творожных десертов на основе сухих молочных компонентов // Молочное дело. 2013. № 5. С. 23–26.

133. Спосіб виробництва біфідовмісного кисломолочного сиру з функціональними властивостями: пат. 36836 Україна, МПК A23C 21/00. // Дідух Н. А.; № 200806680; заявл. 15.05.2008; опубл. 10.11.2008.

134. 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.

135. 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.

136. 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.

137. 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.

138. 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.

139. Золовська О. В. Розробка технологій молочно-рослинних десертів профілактичного призначення: дис. … канд. техн. наук. Одеса: ОНАХТ, 2013. 186 с.

140. Закусочні кисломолочні пасти з композиціями прянощів: пат. №103374 UA, МПК A23C 9/13 (2006.01) // Ющенко Н. М., Кузьмик У. Г.; u 2015 06576; заявл. 03.07.2015; опубл. 10.12.2015.

141. 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.

142. Вотинцев Ю.°П. Изучение процесса структурообразования творожного десертного продукта (пудинга) // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. Вып. № 2 (22). С. 212–216.

143. Неповинных Н. В., Птичкина Н. М. Функционально-технологические свойства творожных изделий с тыквенным порошком // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 1. С. 42–43.

144. 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.

145. 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.

146. Спосіб виробництва вареників із молочним сиром та фукусом: пат. 25548 Україна, МПК2006 A21D 13/08. // Корзун В. Н.; Антонюк І. Ю.; Лещенко О. В.; № 2156781232; заяв. 12.04.2007; опубл. 10.08.2007, Бюл. № 12.

147. Способ производства вареников ленивых: пат. 002246843 Россия, С2 МПК A23C23/00. // Полянский К. К.; Глаголева Л. Э.; Смольский Г. М.; № 2246843; заяв. 20.02.2003; опубл. 27.02.2005, Бюл. 11.

148. Кацерикова°Н. В., Солопова А. Н., Липатова Ю. С. Разработка творожных изделий с кунжутом геродиетического направления // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 3 (22).

149. Склад запіканки сирної: пат. 48351 Україна, МПК A23C23/00. // Костельман В. М.; № u200910730; заявл. 23.10.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.

150. Raikos V. Effect of heat treatment on milk protein functionality at emulsion interfaces. A review // Food Hydrocolloids. 2010. Vol. 24, Issie 4. P. 259–265.

151. Dickinson E. Milk protein interfacial layers and the relationship to emulsion stability and rheology // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2001. Vol. 20. Issie 3. P. 197–210.

152. Singh H. et al. Interfacial compositions, microstuctures and properties of oil-in-water emulsions formed with mixtures of milk proteins and κ-carrageenan: 1. Sodium caseinate // Food Hydrocolloids. 2003. Vol. 17. Iss. 4. P. 539–548.

153. 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.

154. 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.

155. 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.

156. Canton M. C., Mulvihill D. M. Functional properties of caseinates chemically modified by reductive alkylation of zysines with reducing sugars // Helsingor, Denmark. 1983. Iss. 14. P. 152–161.

157. 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. Iss. 1. P. 15–28.

158. 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. Iss. 4. P. 433–438.

159. ДСТУ 3946–2000. Система розроблення і поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Основні положення. К.: Держспоживстандарт України, 2000. 26 с.

160. Порядок розробки і затвердження технологічної документації на фірмові страви, кулінарні та борошняні кондитерські вироби в закладах ресторанного господарства. Наказ Мінекономіки України від 25.09.2000 р. № 120.

161. ГСТУ 18.39–2001 Технологічні інструкції та рецептури в харчовій промисловості. Загальні положення. Порядок розроблення, узгодження, затвердження, вимоги до змісту і оформлення.

162. ДСТУ 4554:2006. Сир кисломолочний. Технічні умови. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 10 с.

163. Bergamaschi M. et al. Cheese making in highland pastures: Milk technological properties, cream, cheese and ricotta yields, milk nutrients recovery, and products composition // Journal of dairy science. 2016. Vol. 99. № 12. P. 9631–9646.

164. Лоретц О. Г. Молочная продуктивность и технологические свойства молока различных генотипов по каппа-казеину // Ветеринария Кубани. 2014. № 2. С. 6–8.

165. Castillo M. et al. Effect of temperature and inoculum concentration on prediction of both gelation time and cutting time. Cottage cheese-type gels // International dairy journal. 2006. Vol. 16. № 2. P. 147–152.

166. Остроумов Л. А., Гралевская И. В., Шахматов Р. А. Влияние состава молока и температурного фактора на кислотно-сычужное свертывание молока // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 1 (24). С. 89–92.

167. Соболева Н. В. и др. Влияние содержания казеина в молоке коров на качество сыра // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (62). С. 160–162.

168. Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: навчальний посібник. Х.: ХДУХТ, 2006. 63 с.

169. Погожих Н. И. Вода в пищевых продуктах и для пищевых продуктов. Х.: ХДУХТ, 2013. 177 с.

170. Гурова Н. В. Разработка методов оценки эмульсионных свойств белков и их применение в пищевых технологиях: автореф. дис. на присвоение науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов». М., 1991. 24 с.

171. 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. 1989–1990. М.: Наука. С. 109–122.

172. ГОСТ 3626–73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. Взамен ГОСТ 3626–47; Введ. 01.06.75. М. Изд-во стандартов, 1973. 19 с.

173. ГОСТ 23327–98. Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. 7 с.

174. Меркулова Н. Г., Меркулов М. Ю., Меркулов И. О. Производственный контроль в молочной промышлености. Практическое руководство. СПб.: Профессия, 2009. 656 с.

175. Шабанова Н. И. Методические указания к лабораторным занятиям спецкурсв «Обмен аминокислот». Методы количесивенного определения белков и продуктов обмена. Х.: ХГУ. 1984. С. 12–13.

176. Барковский В. Ф., Городенцева Т. Б., Топорова Н. Б. Основы физико-химических методов анализа: учебник. М.: Высш. школа, 1993. 247 с.

177. 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.

178. Покровский А. А., Ертанов И. П. Атакуемость белков протеолитическими ферментами // Вопросы питания. 1965. № 3. С. 38–45.

179. ГОСТ 10444.15–94. Продукты пищевые. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Взамен ГОСТ 10444.18–75; Введ. 1996-01-01. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; К.: Госстандарт Украины, 1996. 11 с.

180. ГОСТ 10444.2–94. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества Staphylococus aureus. Взамен ГОСТ 10444.2–75; Введ. 1996-01-01. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, 1995. 18 с.

181. ДСТУ ISO 6579:2006. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Методика виявлення Salmonella spp. Чинний від 2008-10-01. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 23 с.

182. 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. 2015-07-01. М.: Стандартинформ, 2014. 9 с.

183. ДСТУ ISO 4831:2006. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови щодо підрахування кількості коліформних мікроорганізмів. Методика найвірогіднішої кількості. Чинний від 2006-06-09. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 16 с.

184. ГОСТ 26927–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути. Введ. 1986-12-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 15 с.

185. ГОСТ 26930–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка. Введ. 1987-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 7 с.

186. ГОСТ 26931–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения меди. Введ. 1986-12-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 14 с.

187. ГОСТ 26932–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения свинца. Введ. 1986-12-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 9 с.

188. ГОСТ 26933–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения кадмия. Введ. 1986-12-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 9 с.

189. ГОСТ 26934–86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка. Взамен ГОСТ 5370–58. Введ. 1986-06-25. М.: Изд-во стандартов, 1986. 8 с.

190. МБТ и СН № 5061-89. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества производственного сырья и пищевых продуктов от 01.08.89 г. 26 с.

191. Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів : Наказ МОЗ України № 548 від 19.07.2012

192. Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» : Наказ МОЗ України № 368 від 13.05.2013

193. ДГН 6.6.1.1-130-2006 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів $^{137}Cs$ і $^{90}Sr$ в продуктах харчування та питній воді. Державні гігієнічні нормативи. Затв. наказом МОЗ України від 03.05.2006 р. №256. Зареєстр. Мінюст України 17.07.2006 р. за № 845/12719.

194. Методические указания МУ 4.2.727–99. Гигиеническая оценка сроков годности пищевых продуктов. М., 1999. 23 с.

Наукове видання

ТЮТЮКОВА Дар’я Олександрівна

ГРИНЧЕНКО Наталя Геннадівна

ПИВОВАРОВ Павло Петрович

ГРИНЧЕНКО Ольга Олексіївна

РЯБЕЦЬ Ольга Юріївна

ПЛОТНІКОВА Раїса Валеріївна

# НАУКОВІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ З СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО ДЛЯ РЕСТОРАННОЇ ІНДУСТРІЇ

Монографія

Відповідальна за випуск зав. кафедри професор М. О. Янчева

Редактор А. О. Гончарова

План 2018 р., поз. _20__/___

Підп. до друку 16.06.2018. Формат 60×84 1/16. Папір офсет. Друк офс.
Ум. друк. арк. 6,9. Тираж 300 прим.

Видавець і виготівник
ФОП Іванченко І.С.
пр. Тракторобудівників, 89-а/62, м. Харків, 61135.
Тел.: +38-093-52-99-657, +38-050-40-243-50.
Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників та розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 4388 від 15.08.2012 р.
www.monograf.com.ua