

Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського

Р. П. Никифоров, О. О. Сімакова, А. В. Слащева,
І. А. Назаренко, Ю. А. Горяйнова, С. Ю. Попова

**Наукове обґрунтування технології
новітньої харчової продукції на основі
білково-вуглеводної молочної
та рослинної сировини**

Монографія

Кривий Ріг
ДонНУЕТ
2019

УДК 001:(664:(613.28+633/635)-029:637.044'045)

Н 62

Рецензенти:

Л. В. Прилипко, доктор технічних наук, професор, академік Академії наук вищої освіти України, декан факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України

О.О. Гринченко, доктор технічних наук, професор, зав. кафедри технології харчування Харківського державного університету харчування та торгівлі

А. В. Погребняк, доктор технічних наук, професор кафедри загальноінженерних дисциплін та обладнання Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

Рекомендовано до видання Вченою радою Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (протокол № 14 від 27. 05. 2019 р.).

Никифоров Р. П.

Н 62 Наукове обґрунтування технології новітньої харчової продукції на основі білково-вуглеводної молочної та рослинної сировини [Текст] : монографія / Р. П. Никифоров, О. О. Сімакова, А. В. Слащева, І. А. Назаренко, Ю. А. Горяйнова, С. Ю. Попова. – Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2019. – 267 с.

У монографії викладено наукові підходи до удосконалення технології та якості харчової продукції шляхом комбінування білково-вуглеводної молочної та рослинної сировини. Науково обґрунтовано технологію виробництва напівфабрикатів для збитої десертної продукції. Обґрунтовано режими модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока за допомогою рослинної сировини, досліджено процес активації функціонально-технологічних властивостей білково-вуглеводного згустку. Запропоновано нові технології десертної продукції на основі та з використанням розроблених напівфабрикатів.

Монографія може бути корисною для наукових співробітників, аспірантів, студентів, які навчаються за спеціальністю "Харчові технології", а також для працівників закладів ресторанного господарства та харчової промисловості.

УДК 001:(664:(613.28+633/635)-029:637.044'045)

© Р. П. Никифоров, О. О. Сімакова, А. В. Слащева, І. А. Назаренко, Ю. А. Горяйнова, С. Ю. Попова, 2019

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНОЇ МОЛОЧНОЇ ТА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ У ТЕХНОЛОГІЯХ НАПІВФАБРИКАТІВ ДЛЯ ЗБИТОЇ ДЕСЕРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ	10
1.1 Аналіз сучасного стану використання білкових речовин молочної сировини в технологіях збитої десертної продукції	10
1.2 Аналіз шляхів використання в технологіях збитої десертної продукції рослинної сировини та її загальна характеристика	25
1.3 Характеристика функціонально-технологічних властивостей деяких піноутворювальних та стабілізуючих агентів	39
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОТРИМАННЯ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ДЛЯ ЗБИТОЇ ДЕСЕРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ	48
2.1 Визначення інноваційної стратегії розроблення білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока для десертної продукції	48
2.1.1 Обґрунтування параметрів переробки ягід та дослідження вмісту і змін пектинових речовин при переробці	55
2.1.2 Дослідження участі елементів хімічного складу ягідних пюре в процесах піноутворення та стабілізації пінних систем	60
2.1.3 Дослідження умов активування функціонально-технологічних властивостей пектинових речовин ягідних пюре	70
2.1.4 Теоретичне обґрунтування та розроблення модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока	74
2.1.5 Дослідження процесу активації функціонально-технологічних	97

властивостей білково-вуглеводного згустку	
2.1.6 Дослідження структурно-механічних та фізико-хімічних показників композицій на основі білково-вуглеводного згустку	100
2.1.7 Визначення оптимального співвідношення БВЗ та ягідного пюре	106
2.1.8 Дослідження впливу вмісту цукру на властивості білково-вуглеводних напівфабрикатів	108
2.2 Обґрунтування складу композиційних сумішей білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	113
2.2.1 Визначення складу композиційних сумішей білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	113
2.2.2 Дослідження поверхневих властивостей модельних систем рослинної сировини	115
2.2.3 Дослідження піноутворювальної здатності та стійкості піни модельних систем рослинної сировини	119
2.2.4 Дослідження властивостей гуарової камеді у системі з молочною сироваткою	122
2.2.5 Дослідження піноутворювальної здатності модельних систем рослинної сировини з гуаровою камеддю	129
2.2.6 Дослідження впливу технологічних факторів на піноутворювальну здатність модельних систем	131
2.2.7 Оптимізація піноутворювальної здатності та стійкості піни від технологічних факторів	136
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ НА ОСНОВІ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ ТА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ЗБИТОЇ ДЕСЕРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ	145
3.1 Обґрунтування та розробка технологічного процесу виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока	145
3.1.1 Обґрунтування рецептурного складу та технологічного процесу виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на	145

основі знежиреного молока	
3.1.2 Дослідження якості білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока	149
3.1.3 Дослідження функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока	161
3.1.4 Розроблення комплексного показника якості білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока	170
3.2 Обґрунтування та розробка технологічного процесу виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	175
3.2.1 Обґрунтування рецептурного складу та технологічного процесу виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	175
3.2.2 Обґрунтування параметрів сушіння композиційної суміші білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	178
3.2.3 Аналіз органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних та структурно-механічних показників білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	181
3.2.4 Обґрунтування термінів зберігання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	191
3.2.5 Комплексний показник якості білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	194
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ У ВИРОБНИЦТВІ ДЕСЕРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ	203
4.1 Напрямки використання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока у виробництві десертної продукції	203
4.1.1 Асортимент і технологія десертної продукції із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі	203

знежиреного молока	
4.1.2 Дослідження функціонально-технологічних властивостей композицій яєчного білка з білково-вуглеводним напівфабрикатом	208
4.1.3 Визначення інтегрального скору збитої десертної продукції на основі білково-вуглеводного напівфабрикату	219
4.2 Напрямки використання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки у виробництві десертної продукції	221
4.2.1 Дослідження процесів відновлення білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	221
4.2.2 Розробка рекомендацій щодо використання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки у виробництві десертної продукції	225
4.2.3 Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників десертної продукції з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	230
4.2.4 Дослідження структурно-механічних властивостей десертної продукції з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки	241
ВИСНОВКИ	246
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	250

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Na-КМЦ – натрійкарбоксиметилцелюлоза.

АК – амінокислота.

БАР – біологічно-активні речовини.

БВЗ – білково-вуглеводний згусток.

БВМС - білково-вуглеводна молочна сировина.

БВН – білково-вуглеводний напівфабрикат.

БВНМС – білково-вуглеводний напівфабрикат на основі молочної сироватки.

ГТО – гідротермічна обробка.

ЗДП – збита десертна продукція.

ЗМ – знежирене молоко.

ККФК – казеїнаткальційфосфатний комплекс.

КМЦ – карбоксиметилцелюлоза.

МКО – механічна кулінарна обробка.

ПУ – піноутворення.

ПУЗ – піноутворювальна здатність.

СП – стійкість піни.

ФТВ – функціонально-технологічні властивості.

ЦКРП - центральне композиційне ротатабельне планування.

ВСТУП

Невід'ємною складовою забезпечення здоров'я людини є харчування. Враховуючи, що сьогодні в світі існує проблема дефіциту повноцінного білка, яка зачіпає дві третини людства, значна увага повинна приділятися створенню та залученню до раціонів харчування харчових продуктів з підвищеним вмістом білкових речовин. Потенційним природним джерелом повноцінного білка є БВМС, що використовується неповною мірою.

За останні роки в нашій країні та за кордоном накопичений великий досвід щодо використання БВМС в технологіях харчових продуктів, який висвітлено у роботах Гніщевич В.А., Горбатової К.К., Гринченко О.О., Дейниченко Г.В., Ткаченко Н.А., Єреська Г.О., Козлова В.М., Ліпатова М.М. (ст.), Ліпатова М.М. (мол.), Поліщук Г.Є., Притульської Н.В., Рудавської Г.Б., Храмцова А.Г., Чагаровського А.П., Adrian I., Bounlier G., Renner Z. та ін.

Одним із секторів економіки, де можливе використання БВМС, є ресторанне господарство. Необхідно відзначити, що значну частку в асортименті продукції закладів ресторанного господарства займає збита десертна продукція: муси, самбуки, збиті десерти, що користуються особливим попитом у споживачів. Відмінною рисою цієї групи продукції є трудомісткість і багатостадійність технологічного процесу виробництва, необхідність використання харчових добавок та спеціального обладнання, що зумовлює неоднорідність якості та стримує розширення асортименту продукції в закладах ресторанного господарства. Ця проблема може бути вирішена за рахунок використання напівфабрикатів на основі нежирної молочної сировини, що можна переробляти в збиту десертну продукцію без застосування спеціального обладнання

Таким чином, наукове обґрунтування та розроблення технології напівфабрикатів на основі білково-вуглеводної молочної та рослинної сировини є актуальним завданням, розв'язання якого дозволить раціонально використовувати білково-вуглеводну молочну сировину та місцеві рослинні ресурси, розширити асортимент кулінарної продукції з регульованими

структурно-механічними та органолептичними показниками, збагаченої біологічно активними речовинами.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є наукове обґрунтування та розроблення технології напівфабрикатів на основі білково-вуглеводної молочної та рослинної сировини для збитої десертної продукції.

Відповідно до цієї мети, згідно з вибраними напрямками досліджень, у процесі роботи необхідно було вирішити наступні завдання:

- обґрунтувати вибір молочної та рослинної сировини для виробництва напівфабрикатів для збитої десертної продукції;
- обґрунтувати параметри переробки ягід та дослідити умови активування функціонально-технологічних властивостей пектинових речовин ягідних пюре;
- обґрунтувати та визначити технологічні параметри комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока;
- дослідити процес активації функціонально-технологічних властивостей білково-вуглеводного згустку;
- визначити склад композиційних сумішей білково-вуглеводних напівфабрикатів;
- дослідити поверхневі властивості, піноутворювальну здатність та стійкість піни модельних систем рослинної сировини та модельних систем рослинної сировини з гуаровою камеддю;
- розробити технологію виробництва білково-вуглеводних напівфабрикатів, комплексно дослідити їх якість, а також зміни в процесі зберігання;
- визначити напрямки та запропонувати окремі технології використання напівфабрикатів у закладах ресторанного господарства.

РОЗДІЛ 1

НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНОЇ МОЛОЧНОЇ ТА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ У ТЕХНОЛОГІЯХ НАПІВФАБРИКАТІВ ДЛЯ ЗБИТОЇ ДЕСЕРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

1.1 Аналіз сучасного стану використання білкових речовин молочної сировини в технологіях збитої десертної продукції

Важливою проблемою харчової промисловості в сучасних умовах є залучення до господарського обороту місцевих сировинних ресурсів, створення маловідхідних і безвідхідних технологій. Провідна роль у вирішенні цієї проблеми відведена молочній промисловості. Україна відноситься до країн з розвинутою молочною промисловістю і має свій асортимент молочних продуктів.

Традиційні способи переробки молока у вершкове масло, сир і казеїн неминуче пов'язані з отриманням побічних продуктів – знежиреного молока, сколотини і молочної сироватки, які відносяться до БВМС. Їх загальні ресурси складають понад 70% від об'єму молока, що переробляється. При цьому на харчові цілі використовується лише 30% БВМС [1].

Значну частину БВМС становить знежирене молоко, вихід якого складає понад 90% від маси незбираного молока, що переробляється. Так, при виробництві $1 \cdot 10^3$ кг вершкового масла вивільнюється $20 \cdot 10^3$ кг знежиреного молока [2]. Ринок вершкового масла в Україні характеризується значною кількістю компаній-виробників практично у всіх регіонах країни.

За промислової переробки незбираного молока в БВМС залишається значна кількість цінних в біологічному та харчовому значенні речовин. Так, у процесі переробки молока до БВМС переходить від 50 до 72,8 % сухих речовин молока. Ступінь переходу основних компонентів незбираного молока до БВМС наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Ступінь переходу основних компонентів незбираного молока до БВМС, % [2]

Компоненти молока (100%)	Ступінь переходу, %		
	в знежирене молоко	в молочну сироватку	в сколотини
Сухі речовини	70,4	49,9	72,8
Молочний жир	1,4	7,7	14,0
Білки	99,6	24,3	99,4
Казеїн	99,5	22,5	99,5
Сироваткові білки	99,8	95,0	99,6
Лактоза	99,5	96,2	99,4
Мінеральні солі	99,8	81,1	99,6

Аналіз даних табл. 1.1 доводить, що означена сировина містить практично весь білковий, вуглеводний та мінеральний комплекс незбираного молока. Так, до сироватки із незбираного молока переходить в 4,1 разів менше білкових речовин, ніж до сколотин та знежиреного молока. Молочного жиру до сироватки переходить в 5,5 разів більше, ніж до знежиреного молока, але в 1,8 разів менше ніж до сколотин.

Вміст окремих компонентів сухих речовин у БВМС та енергетична цінність у порівнянні з незбираним молоком наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Узагальнений хімічний склад та енергетична цінність молочної сировини, % [3, 4]

Найменування показника	Найменування сировини			
	Незбиране молоко	Знежирене молоко	Сколотини	Сироватка
Сухі речовини	11,5...12,4	8,2...9,5	9,0...9,2	6,0...6,3
в тому числі:				
білки, разом	2,9...3,6	2,9...3,7	3,2...3,3	0,8...1,0
в тому числі казеїн, сироваткові білки	2,3...2,9 0,6...0,7			0,74
жири	3,2...3,7	0,05	0,3...0,5	0,1...0,2
вуглеводи	4,7...4,8	4,7...4,8	4,7	4,0...4,8
органічні кислоти	0,14	0,14	0,01	0,23
мінеральні речовини	0,70	0,70...0,91	0,70	0,50...0,70
Зола	0,70...0,76	0,75	-	-
Енергетична цінність, ккал /100 г	105,60	31,00	33,92	20,95

Аналіз даних табл. 1.2 доводить, що знежирене молоко і скотини відрізняються від незбираного молока практично тільки зниженим вмістом жиру, молочна сироватка – ще й вмістом білків.

БВМС є джерелом білків високої харчової цінності, які за своїми властивостями наближаються до «ідеального» білка. Тому молоко і молочні продукти при достатньому рівні споживання відіграють провідну роль у покритті потреб організму людини в білкових речовинах.

Вид БВМС визначає кількісний та якісний склад білкових речовин. Так, білкові сполучення знежиреного молока і скотин представлені усіма фракціями казеїну та сироваткових білків і практично ідентичні білкам незбираного молока, а білковий комплекс молочної сироватки представлений сироватковими білками із незначним вмістом казеїну.

Білки знежиреного молока, скотин та молочної сироватки являють особливу цінність, тому що вони в нативному і денатурованому вигляді засвоюються організмом швидко і повно. Ступінь засвоєння складає 96...98%, при цьому вони розщеплюються швидше, ніж білки м'яса, риби, зернових і навіть яєць.

БВМС являє собою сировину з невеликим вмістом молочного жиру. В молочної сироватці в середньому міститься 0,2...0,9% жиру, а в сепарованій – 0,1...0,2%. Жир в сироватці знаходиться в більш диспергованому стані, ніж в незбираному молоці, що позитивно впливає на біохімічні процеси, які відбуваються в організмі людини [5].

В усіх видах БВМС міститься значна кількість вуглеводів, що представлені в основному у вигляді дисахариду – лактози. Окрім лактози вторинна молочна сировина містить моносахариди та олігосахариди, масові частки яких невеликі порівняно з масовою часткою лактози.

Мінеральний склад БВМС містить повний комплекс мінеральних речовин, у тому числі всі мікроелементи незбираного молока. В ролі макроелементів виступають катіони Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} та інші, а також аніони фосфатів, цитратів, хлоридів, сульфатів, карбонатів. Ці елементи не

тільки беруть участь в багатьох обмінних процесах, а й підтримують сольову рівновагу знежиреного молока та сколотин, стабілізуючи їх колоїдний стан [2].

До БВМС переходять водо- та жиророзчинні вітаміни незбираного молока. Ступінь переходу деяких вітамінів із незбираного молока до БВМС наведений в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Ступінь переходу вітамінів із незбираного молока до БВМС, % [2]

Вітаміни	Ступінь переходу		
	Молочна сироватка	Знежирене молоко	Сколотини
Тіамін (В ₁)	88	78	75
Рибофлавін (В ₂)	91	100	100
Піридоксин (В ₆)	136	40	40
Кобаламін (В ₁₂)	58	92	105
Аскорбінова кислота (С)	78	20	20
Ніацин (РР)	54	135	140
Холін	102	96	96
Ретинол (А)	11	-	71
Токоферол (Е)	32	-	11

Аналіз табл. 1.3 показує, що БВМС за набором та вмістом вітамінів є біологічно повноцінною сировиною. Вміст піридоксину (В₆) та холіну в сироватці більший, ніж в незбираному молоці, це зростання зумовлюється впливом життєдіяльності молочнокислих бактерій закваски.

За останні десятиліття в нашій країні та за кордоном накопичено значний досвід раціонального використання БВМС, який відображено в роботах [6-9].

Великий внесок в дослідження хімічного складу та харчової цінності молочної сировини зробили такі вчені, як Г.Ф. Ініхов, П.Ф. Д'яченко, А.Г. Храмцов, В.Н. Козлов та інші. Питаннями дослідження властивостей молочних білків переймалися вітчизняні та закордонні вчені – М.М. Ліпатов, К.К. Горбатова, В.В. Молочников, Г.В. Дейниченко та інші.

Знежирене молоко отримують при сепаруванні або гравітаційному відстоюванні незбираного молока, при цьому, воно зберігає всі харчові речовини молока, крім жиру: білки, вуглеводи, мінеральні речовини, які до нього переходять відповідно 99,6%, 99,5% і 99,8% [10], а також вітаміни, ферменти тощо.

Одним з найбільших і найціннішим компонентом знежиреного молока є білкові речовини, вміст яких дещо більший, ніж у незбираному молоці. Як відомо, білки незбираного молока є повноцінними, а оскільки в знежиреному молоці білки залишаються майже в первісній кількості, то, на думку авторів [11], можна стверджувати, що біологічна цінність білків даної сировини ідентична білкам незбираного молока. Разом з цим, автори [12] відмічають, що знежирене молоко містить не тільки більшу кількість білка, але й білок вищої біологічної цінності в порівнянні з незбираним молоком.

За фракційним складом білки знежиреного молока представлені двома значними групами – казеїновими та сироватковими білками, а також білками жирових кульок (біля 1%). За даними [3] білки знежиреного молока складаються на 71,6...82,0% з казеїнів і на 18,0...28,4% з сироваткових білків.

Казеїнові білки знежиреного молока представлені α_{S1} -, α_{S2} -, β -, χ -казеїнами та їх фрагментами – γ -казеїном, з розміром часток від 70...100 нм до 300 нм [13] і молекулярною масою 19000...25000 Да [4].

Сироваткові білки представлені альбумінами (до 12%) та глобулінами (до 6%) з розміром часток 15...20 нм та 25...50 нм відповідно, а також протеозопептонами [13]. Це такі білки, як α -лактоальбумін, β -лактоглобулін, імуноглобуліни, альбумін сироватки крові, лактоферрін та інші мінорні білки.

За біологічною цінністю сироваткові білки є найціннішими білками молока, так як за вмістом незамінних амінокислот вони значно перевищують казеїн. Інтегральний скор сироваткових білків, розрахований за ідеальним білком ФАО/ВООЗ, складає 130%, а казеїну – 93% через лімітування

метіоніну та цистину. Сироваткові білки можуть виступати додатковим джерелом аргініну, гістидіну, метіоніну, лізину, треоніну, триптофану та лейцину [14].

Сироваткові білки не тільки підвищують біологічну цінність продуктів з їх додаванням, але й змінюють функціонально-технологічні властивості (ФТС) продукту. Вони здатні утворювати та стабілізувати пінні системи, мають добрі гідрофільні (розчинність, водопоглинаюча здатність) і ліпофільні властивості [4].

Крім білкових речовин, в знежиреному молоці також присутні небілкові азотисті речовини у вигляді сечовини, сечової і гіпурової кислот, креатину та пуринових речовин [12].

Особливістю жиру знежиреного молока є високий ступінь дисперсності – 0,5...1,0 мкм, що забезпечує краще його засвоєння, а незначний його вміст, на думку автора [12], обумовлює певну цінність знежиреного молока, так як в продуктах харчування тваринний білок завжди супроводжується значною кількістю жиру.

Знежирене молоко містить невелику кількість фосфатидів, що сприяють нормалізації жирового і холестеринового обміну. Серед них слід виділити лецитин, до складу якого входить органічний фосфор та холін, що зумовлює його фізіологічну активність.

Вуглеводи знежиреного молока представлені, головним чином, лактозою, особливістю якої є повільний гідроліз у кишечнику, що обмежує бродіння і нормалізує життєдіяльність корисної мікрофлори [15]. Моносахариди глюкоза і галактоза містяться в незначних кількостях, а олігосахариди – у вигляді слідів.

Не менш важливою складовою знежиреного молока є вітаміни, вміст яких значно коливається в залежності від сезону, способу переробки молока тощо.

Усереднений річний вміст основних вітамінів в знежиреному молоці, за даними [10], знаходиться на рівні, мг/кг: тіамін (В₁) – 0,35, рибофлавін (В₂) –

1,80, піридоксин (В₆) – 1,50, кобаломін (В₁₂) – 4,00 мкг/кг, аскорбінова кислота (С) – 23,00, ретинол (А) – 0,03, токоферол (Е) – 0,50, холін – 328,00.

Слід зазначити, що в знежиреному молоці вміст жиророзчинних вітамінів не значний, а водорозчинні, крім тіаміну, містяться в кількостях, що значно перевищують їх вміст в незбираному молоці. Теплова обробка такого молока призводить до втрати вітамінів, особливо вітаміну С (від 10 до 30%), при цьому втрати вітамінів А і В₂ незначні.

Мікроелементи знежиреного молока знаходяться в зв'язаному стані з білками і оболонками жирових кульок, входять до складу вітамінів і гормонів [3]. З макроелементів найбільшу питому вагу складають, мг: натрій – 39,1, калій – 108,3, кальцій – 102,2, магній – 13,5, фосфор – 81,4, хлор – 92,4; з мікроелементів, мкг: цинк – 300,0, ферум – 49,0, йод – 4,9, купрум – 1,0, кобальт – 0,3 [5].

Молочна сироватка – білково-вуглеводний продукт, який утворюється при виробництві твердого сиру, кисломолочного сиру та казеїну і, відповідно до технології одержання основного продукту, класифікується на: підсирну, кисломолочну та казеїнову сироватку [5].

Аналіз фізико-хімічних показників молочної сироватки представлено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Фізико-хімічні показники молочної сироватки [2]

Показники	Нормативні вимоги до молочної сироватки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Щільність, кг/м ³	1023	1023	1023	1023	1023	1019	1019	1019
Кислотність, °Т	20	25	75	70	70	20	75	70
Масова частка сухих речовин, %	5,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5
У тому числі лактози, %	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5	4,0	3,5	3,5

Примітка. Умовні значення видів сироватки: 1 – сироватка підсирна несолена; 2 – сироватка підсирна солена; 3 – сироватка сирна; 4 – сироватка казеїнова молочно-кислотна; 5 – сироватка казеїнова соляно-кислотна; 6 – фільтрат підсирної сироватки; 7 – фільтрат сирної сироватки; 8 – фільтрат казеїнової сироватки.

Критерії безпеки молочної сироватки відповідно вимогам СанПіН 2.3.2.1078-01 приведені у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Показники безпеки молочної сироватки [2]

Мікробіологічні показники	
Вміст патогенних мікроорганізмів	Не допускається
Токсичні елементи, мг/кг (л), не більш	
Свинець (Pb)	0,1
Кадмій (Cd)	0,03
Ртуть (Hg)	0,005
Миш'як (As)	0,05
Мікотоксини, мг/кг (л), не більш	
Афлатоксин M ₁	0,0005
Антибіотики	
Левоміцетин	Не допускається (<0,01)
Тетрациклінова група	Не допускається (<0,01 ед./г)
Стрептоміцин	Не допускається (<0,5 ед./г)
Пеніцилін	Не допускається (<0,01 ед./г)
Пестициди	
Гексахлорциклогексан (α , β , γ - ізомери)	0,05
Радіонукліди, Бк/л	
Цезій-137	100
Стронцій-90	25

Склад та властивості молочної сироватки залежать від технології її отримання та ступеня переходу компонентів молока у сироватку. Хімічний склад молочної сироватки наведено у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Хімічний склад молочної сироватки [2]

Показники	Молочна сироватка		
	підсирна	сирна	казеїнова
Масова частка сухих речовин, %	4,5...7,2	4,2...7,4	4,2...7,4
У тому числі: лактози	3,9...4,9	3,2...5,1	3,5...5,2
білків	0,5...1,1	0,5...1,4	0,5...1,5
мінеральних речовин	0,3...0,8	0,5...0,8	0,3...0,9
молочного жиру	0,05...0,50	0,05...0,40	0,02...0,10
Кислотність, °Т	15...25	50...85	50...120
Щільність, кг/м ³	1018...1027	1019...1026	1020...1025

Дані табл. 1.6 доводять, що склад молочної сироватки представлено в основному вуглеводами, білками і мінеральними речовинами. Згідно з

літературними даними, основним вуглеводом сироватки є лактоза, моносахариди (глюкоза, галактоза) присутні в значно меншій кількості, олігосахариди – у вигляді слідів. Білкові речовини, що містяться у молочної сироватці, представлені лактальбуміною та лактоглобуліною фракціями, протеозо-пептонами, казеїною «пиллю» та частками γ -казеїну.

Звісно, що сироваткові білки володіють високими біологічними властивостями, містять оптимальний набір життєво необхідних амінокислот і з позиції фізіології харчування наближаються до амінокислотної шкали «ідеального» білку [16-18]. Це дозволяє віднести їх до повноцінних білків, що використовуються організмом для структурного обміну, в основному для регенерації білків печінки, утворення гемоглобіну і плазми крові. Склад білкових азотистих з'єднань молочної сироватки наведено у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Склад білкових азотистих сполук молочної сироватки [5]

Фракції білків	Масова частка, %	Ізоелектрична точка, рН	Температура денатурації, °С	Молекулярна маса
Лактальбумінова	0,4...0,5	-	-	
α - лактоальбумін	-	5,10	60...95	15100...16500
Альбумін сироватки крові	-	4,70	60...95	69000
β - лактоглобулін	-	4,50	75...90	35500...40020
Лактоглобулінова	0,06...0,08	-	-	-
Протеозо-пептони	0,1	-	-	-
γ - казеїн	-	4,60...6,00	100	30600

Основні сироваточні білки – β -лактоглобулін та α -лактоальбумін. Вміст β -лактоглобуліну складає 7...12% від загального вмісту білків молока; α -лактоальбуміну – 2...5%.

Звісно, що сироваткові білки більш повноцінні, ніж білки рослинного походження. Вміст незамінної сірковмісної амінокислоти цистину у глобуліні у 7 разів, а альбуміні – у 19 разів вище, ніж у казеїні.

У сироваткових білках більше лізину, який грає певну роль у захисних реакціях організму. Вони являються додатковим джерелом аргініну, гістидину, триптофану, метіоніну, лізину, треоніну та лейцину. Сироваткові білки

призначені носіям імунних та антисептичних властивостей, здатні до склеювання мікроорганізмів та інших сторонніх клітин [19].

Амінокислотний склад основних фракцій білків молочної сироватки порівняно зі складом казеїну наведено у табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Амінокислотний склад білків молочної сироватки [5]

Амінокислота	Вміст, % від загальної кількості в білку казеїну	Вміст, % від загальної кількості в білку β - Лактоглобулін	Вміст, % від загальної кількості в білку α - Лактоальбумін
Валін	7,2	4,7	5,8
Лейцин	9,2	11,5	15,6
Ізолейцин	6,1	6,8	6,1
Пролін	11,3	1,5	4,1
Фенілаланін	5,0	4,5	3,5
Цистін	0,34	6,4	2,3
Цистеїн	-	-	1,1
Метіонін	2,8	1,0	3,2
Триптофан	1,7	7,0	1,9
Аргінін	4,1	1,2	2,9
Гістидін	3,1	2,9	1,6
Лізин	8,2	11,5	11,4
Аспарагінова кислота	7,1	18,7	11,4
Глютамінова кислота	22,4	12,9	19,5
Серин	6,3	4,8	5,0
Треонін	4,9	5,5	5,8
Тирозин	6,3	5,4	3,8
Гліцин	2,7	3,2	1,4
Аланін	3,0	21,0	1,4

У молочній сироватці міститься 0,05...0,45 % жиру, що обумовлено його кількістю у сировині та технологією виготовлення основного продукту, а в сепарованій 0,05...0,2 %. Жир в сироватці диспергований більше, ніж в молоці, що позитивно впливає на біохімічні процеси, які відбуваються в організмі людини і тварин при її споживанні [2, 5].

Мінеральний склад молочної сироватки дуже різноманітний. У сироватку переходять практично всі солі і мікроелементи молока, а також солі, що вводяться при виробництві основного продукту, і сполуки з поверхні устаткування (табл. 1.9.).

Таблиця 1.9 – Вміст мінеральних речовин молочної сироватки

Мінеральні речовини	Вміст мінеральних речовин
Зольні елементи, г/100г	0,5...0,7
Мікроелементи, мг/100г:	
Калій	130,0
Натрій	42,0
Кальцій	60,0
Магній	8,0
Фосфор	78,0
Хлор	67,0
Мікроелементи, мкг/100г:	
Залізо	60,0
Йод	8,0
Кобальт	0,1
Марганець	-
Мідь	4,0
Молібден	12,0
Цинк	500,0

Молочна сироватка за складом і абсолютним вмістом вітамінів є біологічно повноцінним продуктом. У сироватку переходять водо- і жиророзчинні вітаміни молока. Сироватка містить лише деяку частину жиророзчинних вітамінів, що обумовлено ступенем використання жиру при виробництві основного продукту. Їх вміст дещо вищий в сирній сироватці, ніж в підсирній. Водорозчинні вітаміни переходять в сироватку майже повністю, причому в підсирній сироватці їх значно більше, ніж в сирній [2, 5]. Вміст вітамінів у молочної сироватці наведено у табл. 1.10.

У молочної сироватці містяться гази (вуглекислий газ, азот і кисень) трохи менше ніж у молоці.

В молочної сироватці присутні антибіотичні речовини. Так, із сирної сироватки методом виморожування отриманий антибіотик нізін, аналогічний біоміцину [17].

Живий організм здатний швидко переварювати сироватковий білок, причому без утворення баластових речовин, тому він придатний для усунення наслідків голодування [18].

Таблиця 1.10 – Вміст вітамінів у молочної сироватки

Вітаміни	Вміст вітамінів у пісирній сироватці, мкг/кг	Вміст вітамінів у сирній сироватці, мкг/кг
Водорозчинні:		
Тіамін (В1)	315	363
Рибофлавін (В2)	1389	1107
Піридоксін (В6)	524	478
Кобаломін (В12)	29	10
Пантотенова кислота (В3)	4,4	2,9
Біотин	100	20
Ніацин	1760	1050
Фолацін	520	100
Холін	160000	140000
Аскорбінова кислота	500	500
Жиророзчинні:		
Ретинол (А)	22	110
β-каротін	13	75
Токофероли (Е)	227	315

Поряд з харчовою цінністю молочної сироватки і продукти, отримані на її основі, мають дієтичні й лікувальні властивості [17, 18].

При розробці нових технологій продуктів харчування важливу роль відіграють функціонально-технологічні властивості (ФТВ) сировини, тому доцільно розглянути ці властивості вторинної молочної сировини, що суттєво впливають на якісні характеристики харчових систем на її основі.

Широке застосування молочної сировини в харчових технологіях зумовило глибоке вивчення ФТВ казеїнових та сироваткових білків, що обумовлено наявністю полярних груп ($-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}$, $-\text{CO}$, $-\text{OH}$ та ін.) і неполярних радикалів та залежать від ступеня термічної денатурації, залишкового вмісту ліпідів і фосфоліпідів, вмісту кальцію, величини рН і ступеня гідролізу білків.

Казеїн – це складний розчинний комплекс казеїнату кальцію з колоїдним фосфатом кальцію, що має назву казеїнаткальційфосфатний комплекс (ККФК). В знежиреному молоці казеїн знаходиться в стійкому колоїдному стані як в формі мономерів – розчинний казеїн, так і полімерів –

субміцелярний і міцелярний казеїн. Казеїн є термостійким білком. Так, при тепловій обробці знежирене молоко з кислотністю 18...22°Т (рН 6,67...6,68) він не коагулює. Найменша термостійкість казеїну спостерігається в ізоелектричній точці (ІЕТ) при рН 4,6...4,7, при цьому він коагулює з утворенням згустку [13].

Завдяки наявності на поверхні та всередині казеїнових міцел полярних груп і пептидних угруповань головних ланцюгів, казеїн здатен до набрякання та розчинення. За даними [4], 1 г казеїну зв'язує близько 0,7 г води. Гідрофільні властивості казеїну залежать від структури, величини заряду білкової молекули, рН середовища, концентрації солей. Відомо, що гідрофільні властивості казеїну можуть підсилюватися внаслідок взаємодії з денатурованим β -лактоглобуліном за умов високотемпературної обробки [20].

Важливим є те, що піноутворювальні властивості казеїну проявляються тільки після розчинення в лузі, у вигляді розчиненого у воді казеїнату натрію [4]. Відомо, що на піноутворюючу здатність (ПУЗ) та стійкість піни (СП) розчинів казеїнату натрію мають вплив такі показники, як рН, в'язкість, температура і концентрація сухих речовин.

Оптимальні значення ПУЗ та СП розчини казеїнату натрію мають в області рН 9,5...10,0, що автор [4] пов'язує зі збільшенням розчинності білка, поліпшенням його гідрофільних та поверхнево-активних властивостей. При низьких значеннях рН розчини казеїнату натрію втрачають ПУЗ, відбувається розрідження піни, що пов'язано з коагуляцією казеїну в ІЕТ.

Визначальний вплив на процес утворення та стабілізації пінної структури розчинів казеїнату натрію має в'язкість. Так, підвищення в'язкості сприяє збільшенню ПУЗ та СП, при певній межі в'язкості ПУЗ стрімко погіршується, при цьому зменшення СП має менш виражений характер.

Певну роль в процесі піноутворення розчинів казеїнату натрію відіграє температура. Так, нагрівання вище 70°С призводить до втрати ПУЗ та СП розчину.

Досліджуючи вплив концентрації сухих речовин на ПУЗ та СП розчинів казеїнату натрію, А. Ю. Просековим встановлено, що підвищення вмісту сухих речовин призводить до збільшення СП, причому максимальну СП мають розчини з вмістом сухих речовин 12...13%, а оптимальною концентрацією сухих речовин розчину казеїнату натрію для максимальної ПУЗ та СП є 13...18% [21].

Стосовно функціональних властивостей (ФВ) сироваткових білків в літературі існують різні дані, що пов'язано з відмінностями в методах їх отримання, зокрема, різним ступенем відділення лактози, мінеральних солей і інших небілкових речовин тощо.

Сироваткові білки відносяться до простих, вони розчинні у воді, слабких кислотах і лугах. Як і казеїн, вони знаходяться в знежиреному молоці у колоїдному стані. Більше 50% загального вмісту сироваткових білків в ЗМ приходить на β -лактоглобулін, ФВ якого визначають ФТВ сироваткових білків [22].

Не менш важливу роль відіграє α -лактоальбумін, до складу якого входить лактоза. Альбуміни мають велику термостабільність і в діапазоні рН 4,5...6,5 витримують нагрівання до 95...100°C впродовж 20·60 с [20]. Викликати незворотну денатурацію цього білка можливо лише при непрямому нагріванні впродовж 15·60 с при температурі 100...141°C [22].

Відомо, що ФВ сироваткових білків значним чином залежать від рН середовища, температури, концентрації білка та його розчинності. Максимальну ПУЗ сироваткові білки мають при рН 4,2...4,6, так як в межах ІЕТ відбувається нейтралізація вільних карбоксильних груп. Підвищити ПУЗ розчинів сироваткових білків можна внесенням іонів електролітів або кислот. Зростання ПУЗ при підвищенні кислотності розчинів сироваткових білків дослідники [23] пов'язують зі збільшенням масової частки органічних кислот, що беруть участь у формуванні міжфазних плівок. Але, зростання ПУЗ призводить до зниження СП через нестачу стабілізуючої речовини, що необхідна для зміцнення міжфазних шарів піни.

Збільшення до певних значень температури розчинів сироваткових білків підвищує ПУЗ та СП, а при температурі більш 60°C ці показники знижуються через зменшення в'язкості, підвищення поверхневого натягу та незворотної денатурації, ступінь якої залежить від тривалості температурної дії, концентрації білка в розчині, іонної сили та виду іонів [22].

ФВ чистого сироваткового білка залежать від термічно обумовленої реактивності цистеїну, активування сульфгідрильних груп якого відбувається під час та після термічного розщеплення компактної структури сироваткових білків. Так, нагрівання розчинів сироваткових білків до температури $50\text{...}65^{\circ}\text{C}$ з витримкою $15\text{...}30$ с призводить до поліпшення показників ПУЗ та СП.

Встановлено [23], що максимальну ПУЗ при незначній СП мають 5%-ві розчини сироваткових білків. Підвищення концентрації сироваткових білків зумовлює поступове зниження ПУЗ, а при 35%-й концентрації сироваткових білків розчин втрачає ПУЗ повністю.

Однією з найважливіших ФВ, що впливає на ПУЗ, є розчинність. Розчинність сироваткових білків, як і казеїну, залежить від ступеня їх денатурації, рН середовища та залишкового вмісту речовин, що використовуються для осадження білків. Так, при рН 2,0 розчинність сироваткових білків становить 21%, а при збільшенні рН до 8,0 – 86,0%.

Гідратація сироваткових білків при обмеженій денатурації значно поліпшує ПУЗ, що, на думку Т. Сенкевич, можна пояснити частковим розпрямленням білкової молекули, оскільки при цьому звільняються раніше закриті гідрофобні групи молекул і загальна гідрофобно-гідрофільна рівновага зрушується. Гідрофільність нативних і денатурованих сироваткових білків, яку можна підвищити додаванням CaCl_2 , складає $0,5\text{...}1,2$ г води на 1 г сухого білка [23].

Обробка білків ферментативними препаратами може змінювати їх ФВ. Так, частковий ферментативний гідроліз попередньо прогрітого розчину сироваткових білків за допомогою трипсину і пепсину, пронази і пролази

покращує ПУЗ та СП на 60% та 170% відповідно [23]. Інші автори [13] вказують на таку ж залежність при обробці лужними препаратами. Так, зміна рН середовища розчину сироваткових білків з 6,0 до 8,5 сприяє підвищенню СП на 50%.

Суттєвий вплив на ПУЗ білкових розчинів має вміст жиру. Авторами [24] доведено, що для виготовлення збитих молочних продуктів недоцільно використовувати молочну сировину з масовою часткою жиру вище 3,5%.

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що вторинна молочна сировина є цінною в харчовому відношенні, багатим джерелом БАР, а функціональні властивості сироваткових білків та білків казеїнової фракції можуть бути використані при виробництві нових видів збитої десертної продукції, що дозволить збагатити харчову і біологічну цінність продукції, підвищити споживання повноцінного білка та збільшити використання нежирної молочної сировини на харчові цілі.

1.2 Аналіз шляхів використання в технологіях збитої десертної продукції рослинної сировини та її загальна характеристика

Серед збитої десертної продукції (ЗДП), що виробляється підприємствами харчової промисловості та закладами ресторанного господарства, значну частину займають вироби та страви з додаванням рослинної сировини. Формування структури даної продукції можливо за наявності поверхнево-активних речовин, роль яких в традиційних технологіях виконують ячні та молочні продукти або харчові добавки, деякі з котрих є частиною рослинної тканини. Але іноді доцільним є використання не хімічно чистої речовини, виділеної з рослинної тканини, а всієї рослинної тканини в натуральному або переробленому вигляді. Виходячи з цього, можна припустити, що введенням рослинних добавок, які містять поверхнево-активні речовини, можна заощаджувати дорогі традиційні піно- та структуроутворювачі.

Для обґрунтування доцільності використання в технологіях ЗДП в якості функціонально-технологічної добавки рослинної тканини узагальнили наявний вітчизняний та іноземний досвід використання рослинних добавок в таких продуктах.

Значний внесок в дослідження властивостей рослинної сировини зробили роботи В.С. Баранова, З.В. Василенко, М.М. Калакури, П.П. Пивоварова, Ф.В. Перцевого, О.О. Гринченко, Л.П. Малюк, О.М. Артемової та їх учнів.

За видом сировини рослинні добавки традиційно поділяють на овочеві, плодові (фруктові та ягідні) та зернові, а за видом переробки рослинні добавки бувають у вигляді пюре, паст, повидла, підварок, соків, екстрактів, сусла, сиропів, настоїв, порошків, крупки, борошна, шроту, вичавок, в деяких випадках – в натуральному вигляді [25-28].

Найчастіше в технологіях пропонується використання порошків з плодоовочевої сировини. Існують такі розробки як у нашій країні, так і в ближньому зарубіжжі. Так, російськими науковцями створено технологію плодкових та фруктових порошків на основі гарбуза, моркви, буряку, томатів, баклажанів, кабачків, яблук. Вироби містять всі життєво необхідні компоненти: білки, вуглеводи, амінокислоти, харчові волокна, мінеральні речовини, вітаміни. З їх використанням виготовляються широкий асортимент молочних та м'ясних продуктів. Введення обліпихи в комбіновані продукти значно збагачують їх вітаміном С, брусниці – бензойною кислотою, що володіє потужною антибактеріальною дією [9, 29-32].

Широкого застосування набули нетрадиційні для молочної промисловості наповнювачі: рослини родини бобових, злакові. У промисловості використовуються горох, чечевиця, соя, соєві компоненти. Комбінація білків тваринного та рослинного походження дає можливість створити композиції продуктів, рекомендованих у дієтотерапії хвороб [33-35].

Солодові екстракти – продукти, отримані шляхом згущення під вакуумом відфільтрованого сусла, виготовленого при затиранні водою солоду чи солодів з наступним оцукрюванням.

В залежності від сировини виробу поділяють на екстракти на основі ячмінного солоду (мальцекстракти) та полісолодові екстракти, у виробництві яких застосовують овес, пшеницю, кукурудзу. Ці продукти містять повноцінний білок, вільні незамінні амінокислоти, ферменти, легкозасвоювані вуглеводи, харчові волокна, мінеральні речовини та вітаміни. Екстракти мають високу біологічну активність, виявляють тонізуючу та загальнооздоровчу дію, підвищують опірність організму до інфекційних захворювань, збільшують вміст гемоглобіну в крові, регулюють обмін речовин та функції органів травлення. Для досягнення лікувального ефекту масова частка солодового екстракту у продукті має становити 5...7 % [36].

Великий інтерес нутриціологів викликають рослини, що містять природні біокоректори – речовини, які підвищують біологічну цінність продуктів та позитивно впливають на одну або обмежену кількість функцій організму людини. Субстрати можуть виконувати наступні дії: ребалансувати метаболічну активність; підвищувати імунітет людського організму; виконувати роль антиоксиданта, попереджуючи окислюючий стрес; захищати від токсичних речовин; оптимізувати кишкову мікрофлору; підвищувати засвоюваність мінеральних речовин. Наявність природних інгредієнтів оздоровчого харчування у продуктах покращує загальне функціонування організму людини.

Існує цілий ряд розробок нових продуктів і технологій на основі дикорослої сировини. Наприклад, желейний мармелад, основними компонентами якого є квіти гібіскуса, листя чорної смородини, екстракт зеленого чаю, плоди аронії і чорної смородини. Листя грецького горіху стали сировиною для виробництва йодованого мармеладу.

Екстракт суміші квітів гібіскусу і безсмертника, листя сенни і брусниці запропоновано використовувати у новій технології желейного мармеладу. Ехіноцея пурпурова вийшла до технологія отримання низькокалорійної глюкозної помадки. А суха суміш з кореню солодки голої знайшли застосування у виробництві молочних продуктів імуномодулюючої дії [37-39].

Різноманітне поєднання і комбінування дикорослинної сировини (корень бадату, солодки, ревеню, листя бадату, чорниці, брусниці, смородини, шипшини, чабрецю, ромашки аптечної, тисячолісник, череди, звіробою, донника, пустирника, толокнянки і кропиви) з пшеничними висівками стало основою розробки технології нових сухих сніданків [40-42].

Розроблено технологію хлібобулочних виробів збагачених екстрактами пряно-ароматичних і лікарських рослин (трави базиліка, меліси лікарської, ромашки аптечної, шавлії лікарської, чаю зеленого і плодів шипшини). Вивчено їх вплив на хлібопекарські властивості борошна, дріжджів, хід технологічного процесу і якість хлібобулочних виробів [43].

Аналіз літературних джерел показав, що рослинні добавки завдяки окремим елементам хімічного складу знайшли широке застосування в технологіях збитої продукції в якості піно- та структуроутворюючих агентів [44-49]. Так, підвищення структурно-механічних властивостей при введенні до складу ЗДП пюре з гарбуза [50], пюре з калини звичайної та обліпих [51], автори пов'язують з вмістом в рослинній сировині складних вуглеводів, що підвищують ПУЗ та СП.

Також підвищення структурно-механічних характеристик збитих мас відмічається при використанні в технології сирних виробів до 5% пюре з моркви, гарбуза та яблук [52], при введенні до зефірної маси 5% бурякового і морквяного пюре і підкисленні лимонною кислотою до рН 2,5...2,7, при введенні до 15% журавлиного, до 25% брусничного пюре перед збиванням у масу типу «Пташине молоко» та зефірний крем, що дозволяє зменшити тривалість збивання на 10...20% [44]. При цьому, відмічається більш

виражений позитивний вплив ягідних пюре, ніж овочевих, що дослідники пов'язують з різним вмістом сухих речовин і пектинів. Причину скорочення часу збивання автори не пояснюють.

Розроблено науково обґрунтовані рекомендації використання пюре з ріпи, моркви, буряка для приготування мусів, самбуків, киселів та желе за традиційними технологіями зі зменшенням маси цукру і манної крупи [53, 54]. В роботах науковців [55, 56] доведена можливість використання пюре з аличі, сливи, яблука, калини та їх комбінацій, як структуроутворювача продукції на основі сироватки.

Заслуговують уваги дані, за якими формування пінної структури м'якого морозива можливе при введенні 3,0% яблучних та 7,3% морквяних пюре та паст [57, 58], при додаванні 1,5...3,0% соків обліпихи і горобини звичайної, або 2,0...3,0% соку чорної смородини з вмістом сухих речовин 55%, 55% та 40% відповідно [45]. При цьому, ПУЗ та СП одержаних систем близькі до аналогічних показників стандартної суміші для морозива.

Пояснюючи позитивні результати впливу рослинних добавок на якість збитої продукції на білковій основі, автори припускають можливість взаємодії пектинових речовин та білків з утворенням поверхнево-активних білково-вуглеводних комплексів, що підвищують ПУЗ та СП. Однак, слід зауважити, що при будь-яких значеннях рН середовища, більших за ІЕТ білка, незалежно від іонної сили розчину, білки і карбоксилвміщуючі полісахариди несумісні і комплексоутворення пригнічено, а при рН менше 5 од. пектини інтенсивно взаємодіють з білками із утворенням білково-полісахаридних комплексів.

Автор [59] припускає, що при дії пектину руйнується від'ємна заряджена гідрофільна оболонка білків та відкриваються гідрофобні ділянки білків та підсилюються гідрофобні взаємодії між гідролоїдом і гідрофобним ядром білка. Таким чином, пектин перешкоджає розвитку гідрофобних взаємодій між молекулами білка. Гідрофобні взаємодії білка та пектину призводять до того, що пектин утворює адсорбційний шар на

поверхні білків, гідрофільна частина якого знаходиться в дисперсійному середовищі. Так як пектин добре гідратується у воді й утворює розгалужені гідратні оболонки, Л.М. Бондарчук припускає, що навколо комплексів «білок-пектин» утворюється гідратна оболонка, яка спричиняє зростання структурних сил відштовхування, і приводить до підсилення стабілізуючої дії пектину в колоїдному розчині.

Також, за рахунок реалізації білково-вуглеводного комплексоутворення отримані позитивні результати при збиванні яєчно-цукрової суміші з внесенням 10...20% овочевих або 5...15% ягідних добавок [46-47].

Відомо, що підвищити реакційну здатність пектинових речовин до утворення білково-вуглеводних комплексів можливо за умови зниження ступеня метоксилювання пектину. З цією метою дослідники [60] піддають сушені овочі гідротермічній обробці в лужному середовищі бікарбонату натрію при рН 8...9. Позитивний вплив на структурно-механічні показники ЗДП спостерігається при застосуванні овочевих пюре, які піддавалися гідротермічній обробці при рН середовища 3,0...3,5, що дозволяє прискорити гідроліз протопектину [25, 26].

Виходячи з того, що пектинові речовини використовуються в технологіях структурованої продукції як харчова добавка драглеутворювальної дії, рішенням проблеми забезпечення харчової галузі дешевими драглеутворювачами дослідники бачать у використанні яблучного, абрикосового, морквяного, картопляного, бурякового пюре [61], пюре з дички, шовковиці, черешні, вишні, аличі, пюре з чорниці, журавлини, голубики, обліпихи [62], пюре з чорної смородини [63], пюре з вичавок чорноплідної горобини та журавлини [64].

Крім пектинових речовин, на структурно-механічні властивості збитих систем можуть впливати й інші компоненти хімічного складу рослинних добавок такі, як крохмаль, білки, сапоніни тощо. Відома рецептура морозива з додаванням в якості стабілізатора, підсолоджувача та фарбника 6% пюре з червоної солодкої картоплі або томатів. Використовуються пасти на соєвій

основі [65].

У роботі [66] відмічено, що добавки з цукрового буряка, завдяки вмісту сапоніну, володіють високими піноутворюючими та стабілізуючими властивостями. Наприклад, позитивні результати дає використання при виробництві збитих кондитерських виробів згущеного соку цукрового буряку з 82%-м вмістом сухих речовин та 0,05% масовою часткою сапонінів.

При виробництві збитих мас пропонується використовувати піноутворюючий екстракт з низьких сортів зеленого і чорного чаю, екстракти цикорію та кави (2,7...2,9 мас.%) та їх суміші (цикорію – 2,0...2,2 мас.%, кави – 1,3...1,5 мас.%), що сприяють отриманню дрібнодисперсної структури [67]. Використовують цукрові сиропи на основі екстрактів з шипшини та ірги [48], водневі екстракти з дикорослих цілющих трав – бадана товстолистого, лабазника в'язолистого та м'яти перцевої в їх співвідношенні 92:7:1, а також сироп, що його отримують додаванням до екстракту цукру в співвідношенні 50:50 [68].

Негативний ефект при великих дозуваннях рослинних добавок у вищезгаданих роботах пояснюється зменшенням в'язкості сумішей для збивання, а також критичним збільшенням відстані між реакційно здатними частками.

Цих вад можливо уникнути при використанні рослинних добавок у вигляді порошків, крупки, борошна, шроту, вичавок, що виконують функцію гідрофільного стабілізатора. Так, обґрунтовано доцільність застосування в технологіях продукції з дисперсною структурою порошків з цілих плодів, або з пюре та вичавок горобини, глоду, калини, черемхи, брусниці, журавлини, скорцонери, ранетки, напівкультурки, кизилу, аличі, барбарису [25, 26, 64, 66].

На користь застосування рослинних добавок виступає те, що вони, поряд з поверхнево-активними властивостями, мають здатність впливати на строки зберігання продукції з їх додаванням. Наприклад, встановлено, що

зниження мікробіологічних показників продукції викликає додавання пюре з журавлини, соку жимолості, соку аронії або макухи з насіння кедру [69, 70].

Таким чином, наведений аналіз використання рослинних добавок засвідчує, що в останні роки з'являється все більше технологій, в яких, поряд з культурною рослинною сировиною, використовується нетрадиційна маловживана рослинна сировина. При цьому, основну роль в підвищенні ПУЗ та СП збитої продукції при внесенні рослинної добавки дослідники пов'язують з дією пектинових речовин та утворенням поверхнево-активних білково-вуглеводних комплексів. Тому, при розробці технології напівфабрикатів для ЗДП на основі нежирної молочної сировини, яка несе білкову складову для білково-вуглеводного комплексоутворення, необхідно застосовувати рослинну сировину з високим вмістом пектинів.

Високим вмістом пектинових речовин відрізняються некультурні сорти рослин. Серед таких рослин південно-східної частини України можна виділити кизил звичайний (*Cornus mascula*) та терн (*Prunus spinosa*), плоди яких є джерелом багатьох важливих харчових речовин, що зумовлює доцільність ширшого їх використання в харчуванні [71].

Крім того, використання місцевої сировини виявляє найбільший терапевтичний ефект на людей, які мешкають на відповідній території. Вона підвищує стійкість організму до екстремальних ситуацій, нормалізує розумову та фізичну функції.

Високі харчова цінність та смакові властивості ягід кизилу та терну зумовлені вмістом багатьох хімічних сполук [72, 73]. Усереднений хімічний склад ягід представлено в табл. 1.11.

Використання лікарських рослин у виробництві харчових продуктів масового споживання широко впроваджується у Японії, Америці, Канаді та інших країнах.

Останім часом вітчизнянна харчова промисловість виявляє велику зацікавленість лікарськими рослинами своїх регіонів, тому що вони містять різноманітні біологічно активні сполуки: алкалоїди, глікозиди, ефірні олії,

вітаміни, мінеральні речовини, органічні кислоти та інші. Цей комплекс важливих речовин поліпшує обмін речовин, стимулює імунітет організму, нормалізує стан усього внутрішнього середовища. Крім того багато лікарських рослин та продуктів їх переробки поліпшують органолептичні показники готової продукції.

Таблиця 1.11 – Усереднений хімічний склад плодів кизилу та терну

Показник	Вміст	
	Кизил	Терн
Сухі речовини, %, в тому числі:	до 19	24...31
Вуглеводи	9,4...17,4	2,7...8,3
Клітковина	0,9...2,0	-
Пектинові речовини, в тому числі:	0,6...1,5	0,75
водорозчинні пектинові речовини	0,35...0,93	-
Дубильні та фарбуючі речовини, мг%	до 2400	1000...1700
Феноли, %	-	0,05...1,70
Вітамін С, мг%	до 122	3...27
Тіамін, мкг%	-	47...55
Загальна кислотність, %	1,1...3,2	2,1...3,2

Підвищення біологічної цінності молочних продуктів, а також розширення асортименту досягається шляхом введення різноманітних добавок та наповнювачів. Перспективним є використання у якості таких наповнювачів лікарських рослин [8, 9, 74-76].

Кропива – багатолітня рослина. Вона має сечогінну, протилихоманкову, кровоочищувальну і ранозагоюючу властивості. У традиційній медицині кропиви застосовують як засіб для зупинення кровотечі у вигляді рідкого відвару або настою при маткових, гемороїдальних, легневих, кишкових і носових кровотечах, при захворюваннях печінки й жовчного міхура, нирково-кам'яної хвороби, уремії, водянці, затримці й нерегулярних менструаціях, ревматизмі, бронхітах, запорах, дистонії й багатьох інших захворюваннях [77].

У табл. 1.12 наведено хімічний склад кропиви дводомної.

Таблиця 1.12 – Хімічний склад кропиви дводомної

Назва групи речовин	Вміст речовини, %
Білки	15,3
Вуглеводи	23,8 (суха вага)
Клітковина	17,2
Лігнін	10,7
Пектини	0,7
Амінокислоти	
Лізін	1,08
Гістидин	0,61
Аргінін	1,05
Аспаргинова кислота	1,62
Треонін	0,80
Серін	0,55
Глутамінова кислота	2,20
Пролін	0,88
Гліцин	0,97
Аланін	1,11
Цистін	0,32
Валін	1,06
Метіонін	0,52
Ізолейцин	0,82
Лейцин	1,47
Тирозин	0,57
Фенілаланін	0,92

Такий набір амінокислот, макро- і мікроелементів, вітамінів, забезпечує широкий спектр загальнозміцнюючої, оздоровлюючої і лікувально-профілактичної дії кропиви на організм людини.

Необхідно відзначити: у складі білків кропиви є 9 з 10 незамінних амінокислот, що у поєднанні з мінеральними речовинами і вітамінами дозволяє підтримувати високу працездатність, швидко відновлювати сили після важкої роботи, втоми або хвороби.

Кропива ледве не єдиний продукт, який містить вітамін К - кровоспинний чинник, що підвищує здатність згущуватися крові, особливо при зовнішніх і внутрішніх кровотечах, і що має протизапальну дію. Ці

властивості особливо важливі для шлунково-кишкового тракту, в якому постійно відбуваються мікропошкодження.

Виражена антитоксична дія кропиви. При цьому в рослинних волокнах лігніни і полісахариди целюлози, що містяться, поєднуються з вітамінами С, К, Е, групи В, тому при споживанні кропиви токсини поглинаються впродовж всього шлунково-кишкового тракту.

У кропиві містяться також мурашина кислота, дубильні речовини, флавоноїди. Наявність біофлаваноїдів - важливий чинник антигістамінної і антиоксидантної дії, що дозволяє рекомендувати кропиву для профілактики і лікування астми.

Кропива багата на вітамін С, у поєднанні з амінокислотою цистин вітамін С впливає на бронхи і слиз, що виділяється легневим епітелієм. Тому кропиву необхідно вживати всім, у кого слабкі або хворі легені.

Вітамін С і ті, що містяться в кропиві ліпопротеїни, будучи антиоксидантами, сприяє позитивному впливу на профілактику серцево-судинних захворювань. Нормалізації діяльності серцево-судинної системи сприяє високий вміст калія і кальцію. Тому постійний прийом кропиви - один з чинників зниження ризику хвороб серця і судин.

Високий вміст бета-каротину в кропиві (у 2 рази більше, ніж у моркві) сприяє зміцненню сітківки ока і поліпшенню зору. Великі кількості хлорофілу, що володіє протирадіаційною дією, необхідні при роботі в умовах підвищеної радіації і при опроміненні; при місцевому вживанні хлорофіл сприяє загоєнню ран. Тому кропива обов'язкова для тих, хто працює з комп'ютером.

Особливо необхідне вживання кропиви людям, страждаючим цукровим діабетом. Кропива нормалізує природний обмін речовин, тканинний обмін і тим самим веде до зниження кількості цукру в крові. Є дані про те, що споживання кропиви сприяє відновленню функцій бета-клітин підшлункової залози, внаслідок чого хворих на діабет різко знижується інсулінозалежність до повного відновлення нормального обміну цукру. Крім того, наявність в

кропиві секретину, стимулюючого утворення інсуліну, також є протидіабетичним, сприяючим виведенню цукру з крові.

Кропиву застосовують для профілактики і лікування гіпо- та авітамінозів, атеросклерозу. Вона рекомендується як харчова, оздоровлююча і лікувально-профілактична добавка в супи, салати, соуси, майонезі і інші продукти, добре допомагає проти весняної втоми, анемії, підвищує стійкість до різних захворювань, покращує обмін речовин [78].

У харчовій промисловості кропиву використовують у якості барвника, наповнювача. Фірмою «Біоритм» розроблена технологія комбінованих таблеток кропиви зі сухими соками капусти та буряку. Розроблена технологія вітамінізованого молочного коктейлю з кропивним соком [79, 80].

Широко використовується кропива у кондитерській промисловості, а саме у виробництві мармеладу, пастили, цукрового печива та помадних і пралінових цукерок. Фахівцями розроблена технологія отримання консервів пюре-напівфабрикату зі кропиви [42, 81].

Спориш (пташиний горець) – однолітня рослина сімейства гречаних з лежачим або гіллястим стеблом, що злегка підводиться, завдовжки до 60 см. Трава містить флавоноїд авікулярін, багато аскорбінової кислоти, вітамін Д, каротин, вітамін К, органічні кислоти, клітковину, мінеральні речовини, кремнієву кислоту, смоли, гіркоту, слиз, дубильні речовини і сліди ефірного масла. Хімічний склад споришу наведено у табл. 1.13.

Таблиця 1.13 – Хімічний склад споришу [77]

Назва групи речовин	Вміст речовини
Білок, %	17,0
Редукційний цукор, %	25,0
Екстрактивні речовини, %	44,0
Клітковина, %	27,0
Зола, %	8,9
Кремнієва кислота, %	4,5
Аскорбінова кислота (С), мг/100г	700-887
Каротин, мг/100г	40

Встановлено, що спориш проявляє кровоспинну, протизапальну, антимікробну, протигнилісну і сечогінну дію, зменшує кровоточивість слизових оболонок, помірно знижує кров'яний тиск, прискорює загоєння ран, підвищує імунітет, збільшує виведення з організму натрію і хлору, зменшує кристалізацію мінеральних солей в сечовивідних шляхах. Наявність в спориші розчинних сполук кремнієвої кислоти, які знаходяться в колоїдному стані, перешкоджає утворенню сечових каменів [82].

Настої трави застосовують при хронічних захворюваннях сечовивідних шляхів, особливо при супутньому порушенні мінерального обміну, запаленні слизової оболонки шлунку і кишечника, виразковій хворобі шлунку і дванадцятипалої кишки, в початковому періоді сечокам'яної хвороби, а також наступне видалення каменів, при захворюваннях печінки, в комплексному лікуванні, туберкульозу, малярії, маткових і гемороїдальних кровотеч. Свіжу стовчену траву прикладають до ран, виразок і ударів [77].

Люцерна – стрічкова рослина, яку називають «великою целітельницею». Зелені листя люцерни містять вісім есенціальних амінокислот, лецитин, сапоніни, вітаміни А, К, В6, Е, D, U (антивиразний вітамін), а також мінеральні речовини кальцій, фосфор, марганець, залізо, цинк, медь. Алкалоїдна дія люцерни нейтралізує шлункову кислоту. Завдяки високому вмісту клітковини люцерну використовують для поліпшення перистальтики кишечника. Рослина містить багато хролофілу та володіє антибактеріальним діям. Хролофіл сприяє загоєнню ран та зменшує ризик виникнення бактеріального зараження. Хімічний склад люцерни наведено у табл. 1.14.

Таблиця 1.14 – Хімічний склад люцерни [83]

Назва групи речовин	Вміст речовини
Білки, %	28,0
Вуглеводи, %	13,0
Клітковина, %	23,0
Вітамін К, мг/100г	200-400
Каротин, мг/100г	80

Люцерна володіє загальним тонізуючим ефектом, стимулює імунну систему, сприяє нейтралізації та виведенню шлаків із організму. Трава люцерни являє собою природний сечогінний та жарознижуваний засіб, її використовують для лікування циститу та запалення простати. Ця рослина сприяє зменшенню болю у суглобах та ревматичних болях. Листя люцерни використовують у якості приправи до страв. З них готують салати, напої та коктейлі у поєднанні з молочнокислими продуктами [84].

Конюшина польова – дволітня та багатолітня рослина роду конюшина, сімейства бобових. У зеленій масі міститься ефірна олія, дубильні речовини, глікозиди трифолін та ізотрифолін, органічні кислоти, ситостіроли, ізофлавіони, смоли, вітаміни (тіамін, рибофлавін, токоферол), солі кальцію та фосфору. Хімічний склад конюшини лугової наведено у табл. 1.15.

Таблиця 1.15 – Хімічний склад конюшини лугової [83].

Назва групи речовин	Вміст речовини, %
Білки	20-25
Жири	0,25
Вуглеводи	40
Клітковина	24-26
Амінокислоти	1,5
Каротин	0,01
Аскорбінова кислота (С)	0,12

З листів конюшини отримують вітамінні концентрати, готують салати, заправляють зелені щі, ботвинню. Сухий порошок з листя рослини додають до борошна при випічці житнього хліба, приготування соусів та сирів [34, 85].

Конюшина являється складовим компонентом лікувальних чаїв. Цю рослину широко залучають у народній медицині - як відхаркуючий, сечогінний та антисептичний засіб для лікування циститів, в'язучого засобу для лікування шлунко-кишкових розладах. Відвар конюшини використовують для підвищення апетиту, туберкульозі, бронхіальної астмі, малярії, мігрені, кровотечах та інші [82].

У цілому, хімічний склад фітосировини свідчить, що рослинна сировина є незамінним компонентом харчування людини, адже містить у собі велику кількість вітамінів та мінеральних речовин. Тому використання рослинних наповнювачів (кропива, спориш, конюшина, люцерна) у комплексі зі молочною сироваткою може сприяти отриманню продуктів харчування лікувально-профілактичної дії, збагачених біологічно активними речовинами.

Таким чином, наведені дані свідчать, що застосування рослинної сировини в технологіях ЗДП має декілька переваг. По-перше, це підвищення харчової та біологічної цінності, надання продукції лікувально-профілактичного характеру, радіопротекторної та імуномодельючої дії.

По-друге, рослинна тканина здатна утримувати рідину в структурі продукту, підвищуючи стабільність при зберіганні, формувати та підвищувати в'язкість харчових систем. По-третє, рослинні добавки можуть виступати як смакові наповнювачі, барвники, консерванти тощо. Але особливу увагу рослинна сировина привертає як джерело пектинів, що може дозволити заощаджувати традиційні піно- та структуроутворювачі при виробництві ЗДП.

1.3 Характеристика функціонально-технологічних властивостей деяких піноутворювальних та стабілізуючих агентів

За походженням піноутворювачі та стабілізатори традиційно поділяють на природні тваринного походження – яечний альбумін, желатин, сироватковий альбумін, казеїнат натрію; природні рослинного походження – пектин, крохмаль, каррагенан, альгінат натрію, агар-агар, фурцелларан, білки сої, камеді; синтетичні – метилцелюлоза, карбоксиметилцелюлоза, модифіковані крохмалі тощо [85].

Як показує аналіз літературних джерел [86-91], сьогодні при виробництві збитої продукції переважно використовуються добавки

білкового та полісахаридного походження, що викликало їх широке вивчення. Так, в значній мірі досліджено властивості яєчного альбуміну, желатину, молочних білків тощо.

Найбільш поширеним піноутворювачем при виробництві збитої продукції є яєчний білок різного ступеня обробки – свіжий, заморожений, сухий тощо.

ФТВ яєчного білка визначаються ФВ овоальбуміну. Відомо, що ПУЗ і СП білкових розчинів досягають максимальних значень в ІЕТ даного білка. При цьому, білкові розчини мають мінімальні значення поверхневого натягу, а зсув рН в ту або іншу сторону від ІЕТ білка підвищує їх поверхневий натяг. Нативний яєчний білок має рН 7,9...9,3, а оптимальну ПУЗ проявляє при рН середовища 5,8...6,5 [92], за іншими даними при рН 5,0...5,5 [94]. Це зумовлено тим, що яєчний білок не є окремою хімічною речовиною, а являє собою сукупність різних протеїнів, кожний з яких має свою власну ІЕТ.

На практиці зниження рН яєчного білка до значень ІЕТ досягається додаванням ферментних препаратів (глюкооксидази, каталази), до 0,6% кислот (лимонної, яблучної, янтарної, фосфорної тощо) або шляхом вистоювання білка впродовж 68·3600 с при температурі 37...38°C. При цьому відбувається збільшення ПУЗ, що пояснюється не тільки наближенням значень рН середовища до ІЕТ білка, але й гідролізом овомуцину, який зумовлює високу в'язкість яєчного білка.

Стабілізуючу дію на білкову піну має додавання цукру, що дослідники пояснюють частковою дегідратацією і денатурацією піноутворювача [94] та утворенням в дисперсійному середовищі гідратованих часток, що при формуванні структури піни розміщуються на межі розділу фаз, підвищуючи в'язкість та стійкість системи. При цьому, знижується об'ємна частка повітряної фази піни і підвищується її дисперсність.

Практичним підтвердженням стабілізуючої дії цукру є дослідження [95], які показали, що піна утворена при збиванні яєчного білка без цукру має об'ємну частку повітряної фази 0,86, середній діаметр пухирців складає

$(80...100) \cdot 10^{-6}$ м, а руйнування структури піни з виділенням 42% рідкої фази відмічається вже через 30-60 с. При співвідношенні білка і цукру 1:2 об'ємна частка повітряної фази становить 0,74, середній діаметр пухирців – $(3...5) \cdot 10^{-6}$ м, при цьому в'язкість зростає в 10...12 разів, а виділення рідкої фази не відбувається зовсім. При одночасному зростанні СП додавання цукру значно зменшує ПУЗ білків, що пов'язують зі зниженням ступеня гідратації білків.

Але на практиці використання яйцепродуктів пов'язано з такими недоліками, як велика мікробіологічна забрудненість, складність підготовки до технологічного процесу, значний вплив на вартість отриманого продукту за рахунок високої вартості піноутворювального агента. Тому, використання яйцепродуктів сьогодні скорочується з заміною їх на молочні, соєві та інші білки і полісахариди, що викликано не тільки санітарно-гігієнічними і фізіологічними причинами (наявність холестерину), а й необхідністю розробки низькокалорійної та дієтичної продукції.

Традиційним при виробництві ЗДП залишається використання желатину, розчини якого мають оптимальні ПУЗ та СП при 1,5...3,5% вмісті желатину за рН 4,6 [86]. Але такі недоліки, як низька желуюча здатність, повільне утворення драглів, зниження драглеутворювальної здатності під час кип'ятіння та залежність застигання драглів від температури, стримують широке застосування желатину.

Значно менше застосування знайшли білки рослинного походження. Є окремі дослідження піноутворювальних властивостей пшеничного та кукурудзяного глютену, білків сої та деяких інших [96].

Крім білкових поверхнево-активних речовин (ПАР) широке використання в технологіях збитої продукції мають гідроколоїди [66, 86, 97-99], висока стабілізуюча дія котрих пояснюється утворенням в розчинах тривимірної сітчастої структури, що супроводжується підвищенням в'язкості. Причому деякі з них здатні суттєво підвищувати в'язкість за незначних концентрацій (0,1...1,0%).

За хімічною будовою гідроколоїди – це полісахариди, які залежно від складу поділяються на гомополісахариди, що збудовані з залишків одного цукру, та гетерополісахариди, що складаються із залишків різних цукрів, кількість яких невелика. Гідроколоїди, будучи макромолекулярними гідрофільними речовинами, в воді диспергують, набухають або розчиняються з утворенням в'язких розчинів, псевдодраглів (зі слабкими еластичними властивостями) або драглів [66, 100]. До таких речовин належать пектин, крохмаль, целюлоза, камеді, альгінати, каррагенан, агар, гуарова камедь, ксантан тощо. Серед цих речовин особливу увагу слід приділити природному полімеру пектину, масова частка якого в різних видах рослинної сировини коливається в межах 0,3...2,7%.

Гуарова камедь – нейтральний полісахарід, галактоманан, складається з 64...67% D-манози та 33...36% D-галактози. Ця добавка використовується у якості згущувача, стабілізатору та емульгатора, у виробництві соусів, майонезу, кетчупів, морозива у кількості до 1% і може використовуватися для зберігання свіжості хлібобулочних виробів у кількості 0,2-0,5%. Гуарова камедь добре розчинюється у воді та має здатність утворювати стійкі колоїдні розчини. Повне поглинання води проходить при кімнатній температурі протягом декількох хвилин, а при підвищенні температури процес прискорюється. Гуар стійкий у діапазоні рН=4...10,5, його розчини тиксотропні [101].

У молочних продуктах гуарова камедь використовується для утримання вологи, у заморожених продуктах використовується як регулятор в'язкості, для отримання однорідної кремоподібної структури. Утворення стійких суспензій полегшує здійснення і прискорення різних технологічних процесів і сприяє подовженню строків придатності готової продукції. У процесі виробництва сиру гуарова камедь сприяє утворенню згустку та збільшує вихід продукції. Деякі спеціальні марки гуарової камеді більш стійкі до механічного впливу і легше розчиняються. Ці якості успішно

використовуються при виробництві майонезу, молочних десертів, морозива, у низькокалорійних дрессингах.

Пектин є цінним харчовим компонентом рослинної їжі. Він здатен поліпшувати діяльність шлунково-кишкового тракту, сорбувати макромолекулярні органічні сполуки, утворювати комплекси з іонами важких металів, має антибактеріальну дію на збудників кишкових інфекцій.

Сьогодні пектин знайшов широке застосування у харчовій промисловості та при виробництві кулінарної продукції [102]. Його отримують шляхом водневої екстракції рослинної тканини, частіше шкірки яблук та цитрусових. За походженням це вуглеводний полімер, що складається із залишків α -D-галактуронової кислоти, які мають піранозну конфігурацію і з'єднані α -1,4-глікозидним зв'язком. Основний нерозгалужений ланцюг полігалактуронової кислоти має зв'язки різного ступеня міцності з нейтральними сахарами.

Карбоксильні групи полігалактуронової кислоти частково етерифіковані метиловим спиртом. Залежно від ступеня етерифікації, що впливає на здатність зв'язувати кальцій та утворювати драглі, пектини поділяють на два класи – високо- та низькоетерифіковані зі ступенем етерифікації відповідно більше та менше 50%. Обидва класи пектинів у водних розчинах в різних умовах дають дуже стійкі драглі [100]. Наприклад, при драглеутворюванні високоетерифіковані пектини потребують мінімальну концентрацію сухих речовин у розчині та низькі значення рН, а дія низькоетерифікованих пектинів не залежить від рН, але для драглеутворювання необхідна присутність іонів кальцію. Встановлено [88], що за рН 6...7 розчини пектину мають максимальну в'язкість, а за рН 4 – мінімальну.

Присутність цукру та кислот може підвищувати драглеутворювальну здатність. Так, найкраще драглеутворювання 0,5...1,5% розчинів пектину відбувається при вмісті 60% цукру та 1% кислоти [103].

У пектинів різних видів рослинної сировини драглеутворювальна здатність суттєво різниться: у більшості плодів та ягід вона значно вища, ніж у пектинів овочів [88]. При цьому, чим вище молекулярна маса пектину, тим кращі його драглеутворювальні властивості.

Стосовно ПУЗ пектинів існує багато протиріч. Так, в першій половині 20 століття дослідники [104] розглядали пектинові речовини як піноутворювачі, відмічаючи, що ПУЗ пектинів нижча за ПУЗ желатину, але більша, ніж у казеїну. Сучасні представлення [87] про пектини свідчать, що вони не володіють ПУЗ. Хоча в деяких роботах є докази того, що пектини в комплексі з іншими речовинами проявляють певну ПУЗ. Наприклад, експериментальними дослідженнями встановлено, що при взаємодії у водному середовищі пектових та пектинових кислот з α -амінокислотами утворюються стійкі водорозчинні солі з вираженими поверхнево-активними властивостями. Є відомості, що пектини утворюють міжмолекулярні комплекси з молочними білками, які можуть виступати вискоєфективними стабілізаторами та піноутворювачами збитої продукції [89, 90]. При цьому встановлено, що пектин утворює міжмолекулярні комплекси тільки з казеїном, і не взаємодіє з сироватковими білками [90]. Дослідження показали, що максимальну ПУЗ та абсолютну стійкість піни має ЗМ при введенні 2,5% пектинових речовин та 3% цукру [91]. Подальше збільшення вмісту пектинових речовин і цукру в системах призводить до значного зниження поверхневого натягу з одночасною орієнтацією полярних груп в адсорбційному шарі. При цьому, підвищується щільність адсорбційного шару і, відповідно, зростає СП з неминучим зменшенням ПУЗ [51].

Теоретичне обґрунтування позитивного впливу взаємодії пектинових та білкових речовин на якість збитих систем полягає в кінетиці формування взаємопрониклих полімерних сітчастих структур у процесі міцелоутворення. При одночасному або послідовному формуванні взаємопрониклих полімерних сітчастих структур відбувається мікрофазний розподіл білків і вуглеводів через несумісність, що виникає з міжвузлових ланцюгів із

подальшим орієнтованим витискуванням молекул полісахаридів на поверхню білків. При цьому, підвищення концентрації вуглеводів у мікрооб'ємах призводить до посилення їх самостійної асоціації, утворення водневих зв'язків, об'єднаних ділянок із піранозних структур пектину. Це, в свою чергу, призводить до більш швидкого зростання в'язкості. Процес справляє гальмівний вплив на фазовий розподіл полісахаридів, забезпечує необхідне упорядковування їх надмолекулярних структур і, тим самим, покращує СП [136, 146].

Поряд з цим, значну увагу науковців викликає розробка технологій, що направлені на зміну ФВ пектину [105]. Так, науковцями [106] отримано етиловий ефір яблучного пектину з високими піноутворювальними властивостями.

Аналізуючи літературні дані про фізико-хімічні властивості та ФТВ пектинових речовин, можна зробити висновок, що їм більшою мірою властива роль стабілізатора піни, ніж піноутворювача.

Поряд з пектином, для виробництва збитих харчових систем традиційно використовують крохмалі, до недоліків застосування яких можна віднести схильність їх клейстерів до ретроградації і синерезису, чутливість до дії низьких температур та кислот, нестабільність при зберіганні. Тому, все частіше використо-вуються модифіковані крохмалі що суттєво відрізняються від нативного [107, 108].

Існують технології збитої продукції, засновані на стабілізаційних властивостях целюлози, ефірів целюлози [109] та їх солей [110-112]. Не менше розповсюдження в технологіях структурованих харчових продуктів має альгінат натрію, який вже при концентрації 1% утворює дуже стійкі драгли. Такі структуроутворювачі як каррагінан, агар, агароїд, фурцелларан через високу вартість не мають у нас широкого розповсюдження. Однак, окремі речовини не можуть одночасно надати продукту піноутворювальну та стабілізуючу дію, тому все ширше в технологіях збитої продукції використовують різні комбіновані суміші.

Комбінування засновують на виникненні взаємодії між харчовими добавками або прояві синергізму, що значно підсилює піноутворюючі і стабілізуючі властивості таких сумішей та надає їм універсальних властивостей: піноутворення в широкому діапазоні рН, температури, іонної сили тощо.

За рахунок прояву синергізму розроблено широкий спектр вискоефективних композицій для виробництва збитої продукції. Розроблені та запатентовані вискоефективна піноутворююча композиція яблучного порошку в кількості 20...30% та 0,1...1,5% альгіната натрію [113], стабілізуюча суміш у складі 1,0...1,1% пектинових речовин та 1,5% крохмалю від маси продукту [114], суміш, що складається з гуарової та ксантанової камеді, каррагенану та ефіру молочної або лимонної кислоти [115], а також суміш гуарового борошна та гуарана [116]. Також, високі ПУЗ та СП проявляють суміші метилцелюлози (МЦ) з пектином, альгінатом натрію та агароїдом [117]; суміш КМЦ з каррагенаном та камеддю ріжкового дерева [109]; композиція Na-КМЦ з дрібнокристалічною целюлозою у співвідношенні 30:70...50:50 та водним розчином хлориду кальцію.

Значне покращення ПУЗ та СП композицій можливе за рахунок хімічної взаємодії та утворення нових речовин з більш високими ФВ [118]. Так, використання композиції, що складається з желатину, сухої молочної сироватки та крохмалю, забезпечує підвищення ПУЗ збитих молочних десертів в 1,7 рази, що автори пов'язують з утворенням білково-вуглеводного комплексу з високими ПАВ. Автор [119] встановив аналогічний ефект при використанні бінарної системи каррагінану та різних харчових волокон з казеїновими білками.

На білково-вуглеводній взаємодії засновані стабілізуючі та піноутворювальні властивості композицій желатину та МЦ у співвідношенні 1:(0,37...0,50) або 1:(0,07...0,10) [120], желатину та картопляного крохмалю [107, 108, 121], желатину та яблучного пектину [52], білків молочно-білкового концентрату зі сколотин та полісахариду ксантану [122] або

желатину [123]. До значного підвищення ПУЗ та СП приводить комбінування КМЦ з сироватковими білками (58...61%) або казеїнатом натрію (3%) [16].

Фірмою Zott GmbH & Co розроблено композиційну систему, стабілізаційні, піноутворюючі та комплексоутворюючі властивості якої побудовані на білково-вуглеводній взаємодії та синергічному ефекті таких речовин, як желатин, крохмаль, каррагенан, гуарова камідь та ефір молочної кислоти [124]. А фірма TEWS GmbH пропонує використовувати 0,4...1,0% багатокомпонентної стабілізаційної системи PRO-QUICK F117R [125]. Відомі композиція стабілізатора QNA та дезодорованого сиропу, яку отримують нагріванням суміші лимонної кислоти, пропіленгліколя і моногліцериду [126], та композиція, що її отримують шляхом розчинення в олії лактилірованих та дистильованих моногліцеридів.

Слід зазначити, що розглянуті композиції, на жаль, не набувають широко застосування з-за специфічності дії для кожного виду продукції.

Наведені дані дозволяють зробити висновок, що без застосування сировини або харчових добавок, що мають поверхнево-активні властивості, виробництво збитої продукції неможливо, так як піно- та структуроутворювачі напряму формують її якість – високу збитість та тривалу стійкість.

Перераховані вище засоби та агенти утворення і стабілізації збитої продукції є традиційними та найбільш розповсюдженими. Причому, найбільша кількість технологій базується на застосуванні білків та гідроколоїдів.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОТРИМАННЯ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ДЛЯ ЗБИТОЇ ДЕСЕРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

2.1 Визначення інноваційної стратегії розроблення білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока для десертної продукції

Аналіз літературних джерел показав, що в останні роки широкого розповсюдження набуває розроблення технологій десертної продукції на молочній основі, для утворення та стабілізації структури якої використовують такі харчові добавки як пектини, крохмалі, альгінати, камеді тощо. Доцільність використання молочної сировини в технологіях збитої продукції зумовлена здатністю молочних білків розчинятися, поглинати та утримувати вологу і, тим самим, утворювати та стабілізувати збиті системи. При цьому, молочна сировина використовується переважно після виділення або концентрування білкових речовин у вигляді різноманітних концентратів молочних білків.

До недоліків даного виду продукції можна віднести саме використання харчових добавок, що призводить до зниження харчової та біологічної цінності готової продукції. Сьогодні це частково компенсується за рахунок використання в традиційних технологіях виділених деяких БАР, харчових волокон, повноцінних білків, мінеральних солей та синтезованих вітамінів. Але найбільш перспективним є розроблення технологій з використанням натуральних наповнювачів рослинного походження, що дозволяють розширити асортимент продукції, задовольнити потреби організму не тільки в есенціальних мікро- та макронутрієнтах, але й в необхідних мінорних компонентах їжі (харчові волокна).

Як правило, в технологічному процесі виробництва молочно-рослинних харчових систем з дисперсною структурою потенціал ФВ сировинних компонентів використовується неповною мірою, що і викликає необхідність застосування додаткових факторів утворення та стабілізації структури у вигляді харчових добавок, заморожування або теплової обробки.

Переважно, в технологіях продукції з дисперсною структурою рослинна сировина застосовується як смаковий компонент, наповнювач, джерело БАР тощо. Менше застосування знайшли стабілізаційні властивості рослинної сировини, що зумовлені хімічним складом, а саме, вмістом гідроколоїдів.

Розглядаючи рослинну сировину з точки зору вмісту функціонально-технологічних речовин, були відзначені маловживані ягоди південно-східної частини України – кизил та терн, які є джерелом багатьох важливих харчових речовин, в тому числі, пектину та протопектину, що можуть суттєво впливати на ФТВ систем з їх використанням.

На цей час ресурси даної сировини використовуються або для виготовлення обмеженого кола продуктів, або зовсім не використовуються, хоча щорічний врожай достатній для промислової переробки. Внаслідок цього більша частка цінних речовин, що містяться в маловживаних ягодах та плодах, втрачається.

Реалізація принципів науково-обґрунтованого використання сировини, що є носіями функціонально-технологічних компонентів, наприклад, білкових речовин у складі знежиреного молока та пектинів у складі маловживаних ягід, з одного боку, дає можливість максимально реалізувати ФВ компонентів, що підвищує економічну ефективність технологій за рахунок зменшення застосування харчових добавок, а, з другого боку, – підвищує харчову та біологічну цінність готової продукції.

Однак, внаслідок технологічних властивостей, що притаманні знежиреному молоку, зокрема, коагуляція та денатурація в кислому середовищі, та рослинній сировині, – висока кислотність, неоднорідність структури, залежність кольору від рН середовища, їх сумісне використання у

складі рецептурних сумішей є практично неможливим. Існуючі обмеження лежать у площині денатурації та коагуляції молочних білків під дією органічних кислот рослинної сировини, порушенні структури знежиреного молока, зміні та нестабільності забарвлення рослинної сировини з-за підвищення рН систем. Разом з тим, сумісне використання вищезначеної сировини за обґрунтованих технологічних параметрів є важливим технологічним завданням, спрямованим на: раціональне використання сировини; розроблення продукції з новими споживними властивостями; реалізацію в технологічному процесі ФВ основних складових сировини без внесення харчових добавок; створення продукції з підвищеним, за рахунок маловживаної рослинної сировини, вмістом БАР.

На основі відомих принципів утворення та стабілізації структури збитої продукції, враховуючи ФВ основних предметів дослідження, нами висунуто робочу гіпотезу, яка полягає в тому, що сумісне використання знежиреного молока та ягід за умов реалізації ФТВ компонентів сировини дозволить отримати збиту десертну продукцію без застосування піно- та структуроутворювальних харчових добавок. Це може бути здійснено за умов розроблення обґрунтованої за складом рецептурної суміші, в межах якої створено умови для існування молочного білка, як піноутворювача, пектинів, як стабілізатора в процесі утворення збитої структури, та забезпечена їх сумісна стабілізуюча дія після піноутворення, що можливо за рахунок білково-пектинового комплексоутворення.

Функціонально-технологічні речовини у складі предметів дослідження знаходяться в неактивному стані, тому для реалізації ФВ компонентів молочної та рослинної сировини в процесі утворення збитої структури необхідно забезпечити їх переведення в активну форму, а на стадії стабілізації структури забезпечити переведення з активного стану в неактивні білково-вуглеводні комплекси.

Згідно до робочої гіпотези пектинові речовини ягід повинні сприяти стабілізації піни, але ефективного піноутворення можливо лише за наявності

водорозчинного пектину. В ягодах, поряд з розчинним пектином, міститься значна частка неактивного протопектину, який можна перевести в активний стан за рахунок гідролізу, ефективними каталізаторами якого є водневі та гідроксильні іони. Але для запобігання зворотного комплексоутворення із системи повинні бути виведені двовалентні метали, що входять до структури протопектину. Цього можна досягти за умов проведення гідролізу при значеннях рН вище 7,0.

Використання в рамках робочої гіпотези знежиреного молока як джерела функціонально-технологічних речовин має ряд недоліків, серед яких слід відмітити недостатню для диспергування повітря концентрацію білків. Крім цього, казеїн знаходиться у вигляді інертного ККФК, що проявляє поверхнево-активні властивості тільки після обробки лугом у вигляді казеїната натрію. При цьому забезпечується розчинність казеїну та вивільнення із комплексу іонів кальцію, що за визначених умов можуть реагувати з розчинними пектинами з утворенням пектатів. Відомо [1], що максимальні ПУЗ та СП мають системи з 10...16% вмістом білка. Виходячи з цього, для активації казеїнових білків знежиреного молока і реалізації їх піноутворюючих властивостей перед обробкою лугом білки необхідно концентрувати.

Однак традиційні (кислотний, сичуговий, сичугово-кислотний, термокальцієвий, термокислотний) та новітні (за допомогою метилцелюлози, карбоксиметилцелюлози, натрійкарбоксиметилцелюлози, пектину) методи концентрування, виділення та технологічної обробки білків молочної сировини мають ряд недоліків – відсутність комплексного осадження білків, використання дорогих інгредієнтів коагулюючої дії, високі температури обробки, надання згустку сторонніх присмаку та запаху, отримання згустку з щільною консистенцією, що знижує його ФТВ. Тому, доцільним та перспективним є розроблення модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока, що дозволив би

підвищити ступінь осадження білкових речовин та отримати продукт з новими функціонально-технологічними та споживними властивостями.

Слід зауважити, що традиційні білкові продукти (кисломолочний сир, копрецепітат тощо) внаслідок технологічних особливостей отримання, мають підвищену титровану кислотність, виражений кисломолочний присмак або присмак речовин, що використовуються для осадження. Наростання кислотності також призводить до дегідратації білкового згустку та появи крупинчатості. Дані вади стримують їх використання в технологіях десертної продукції.

Таким чином, метою розроблення модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока є отримання білкового згустку з заданими властивостями, а саме: він повинен містити сироваткові білки, мати оптимальний для піноутворення вміст сухих речовин, певні титровану та активну кислотність, а також визначену дисперсність. Для розуміння впливу цих факторів на процес піноутворення їх необхідно розглянути окремо.

Доцільність залучення сироваткових білків в технології десертної продукції полягає в їх поверхневій активності. Вони здатні стабілізувати пінні системи, мають добрі гідрофільні (розчинність, водопоглинання, вологоємність) і ліпофільні властивості.

Вологість систем для збивання, яка корелює з їх в'язкістю, значно впливає на ПУЗ та стійкість утвореної піни, при цьому зростання вологості систем до певних меж сприяє підвищенню ПУЗ та СП, а при значній вологості – пригнічує піно утворювання через зменшення концентрації поверхнево-активної речовини.

Білковий згусток та ягідна сировина в складі кінцевого продукту виступатимуть як дисперсійне середовище, що насичується дисперсною фазою – газом. Тому, велике значення має їх дисперсний стан, що може полегшувати процес диспергування повітря, а за великих розмірів часток може нести деструктивну функцію на процес піноутворення.

При теоретичному обґрунтуванні модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока ягоди були нами розглянуті з точки зору коагулянту білкових речовин, що пояснювали наступним чином:

- за рахунок власних кислот ягід утворюються умови для кислотної коагуляції;
- за участі пектинових речовин можливе утворення білково-вуглеводних комплексів, на що вказує велика кількість досліджень [2...13];
- іони кальцію ягід, з'єднуючись з казеїном, утворюють фосфорно-кальцієві «містки», що агрегують частки казеїну, викликаючи їх коагуляцію;
- білки ягід можуть виступати додатковими центрами коагуляції.

На основі отриманого білково-вуглеводного згустку та ягідних пюре після переведення їх функціональних речовин у активний стан при їх сумісному збиванні, за рахунок наявності поверхнево-активного казеїнату натрію та стабілізуючих властивостей пектину, можливо отримати збиту систему з високими показниками якості. Стабільність цієї системи можна значно підвищити внаслідок комплексоутворення за певних значень рН між білками та розчинними пектинами за рахунок іонів кальцію. В результаті керованої взаємодії цих речовин утворюються пектат кальцію та білково-вуглеводні комплекси, що може значно підвищувати в'язкість та викликати драглеутворення.

Сутність послідовності технологічного процесу отримання вищеописаної системи зводиться до виконання наступних операцій:

- осадження білкових речовин знежиреного молока за рахунок власних кислот ягідних пюре;
- переведення білкових речовин білково-вуглеводного згустку в розчинний стан;
- переведення пектинових речовин ягідних пюре в розчинний стан;

– змішування модифікованих продуктів-носіїв функціонально-технологічних речовин за температур, при яких не відбувається їх хімічна взаємодія.

Після операції змішування отриманий продукт за рахунок наявності поверхнево-активного казеїнату натрію та стабілізуючих властивостей пектину може бути використаний як напівфабрикат для отримання десертної продукції без додаткового застосування піно- та структуроутворювальних харчових добавок.

Використання напівфабрикату в технологіях десертної продукції можливо за умови дотримання ряду операцій:

- темперування напівфабрикату до температури вище точки драглеутворення;
- насичення напівфабрикату газом шляхом збивання або аерації;
- додавання на заключній стадії збивання або аерації кислого регулятора рН для створення оптимальних умов взаємодії білкових та пектинових речовин;
- охолодження готової продукції до температури споживання або зберігання.

Таким чином, можна констатувати, що сумісне використання модифікованої молочної та рослинної сировини за умов науково-обґрунтованого та послідовного ведення технологічного процесу здатне надавати системі нових властивостей піноутворюючого та стабілізуючого характеру, відмінних від простого змішування сировини.

Вищевикладені положення є основою інноваційної стратегії розроблення напівфабрикатів для десертної продукції на основі нежирної молочної та рослинної сировини.

Оскільки нежирна молочна та маловживана рослинна сировина нами розглядаються як джерело функціонально-технологічних речовин для утворення та стабілізації пінних структур, однією з задач, що дає можливість науково обґрунтувати параметри технологічного процесу їх отримання, є

оцінка сировини за вмістом та станом функціонально-технологічних речовин, обґрунтування режимів їх активування та умов отримання напівфабрикатів для десертної продукції.

На рис. 2.1 наведено поділену на підсистеми (А, В, С) технологічну модель, що розроблена на основі робочої гіпотези та прогнозує стратегію подальших досліджень.

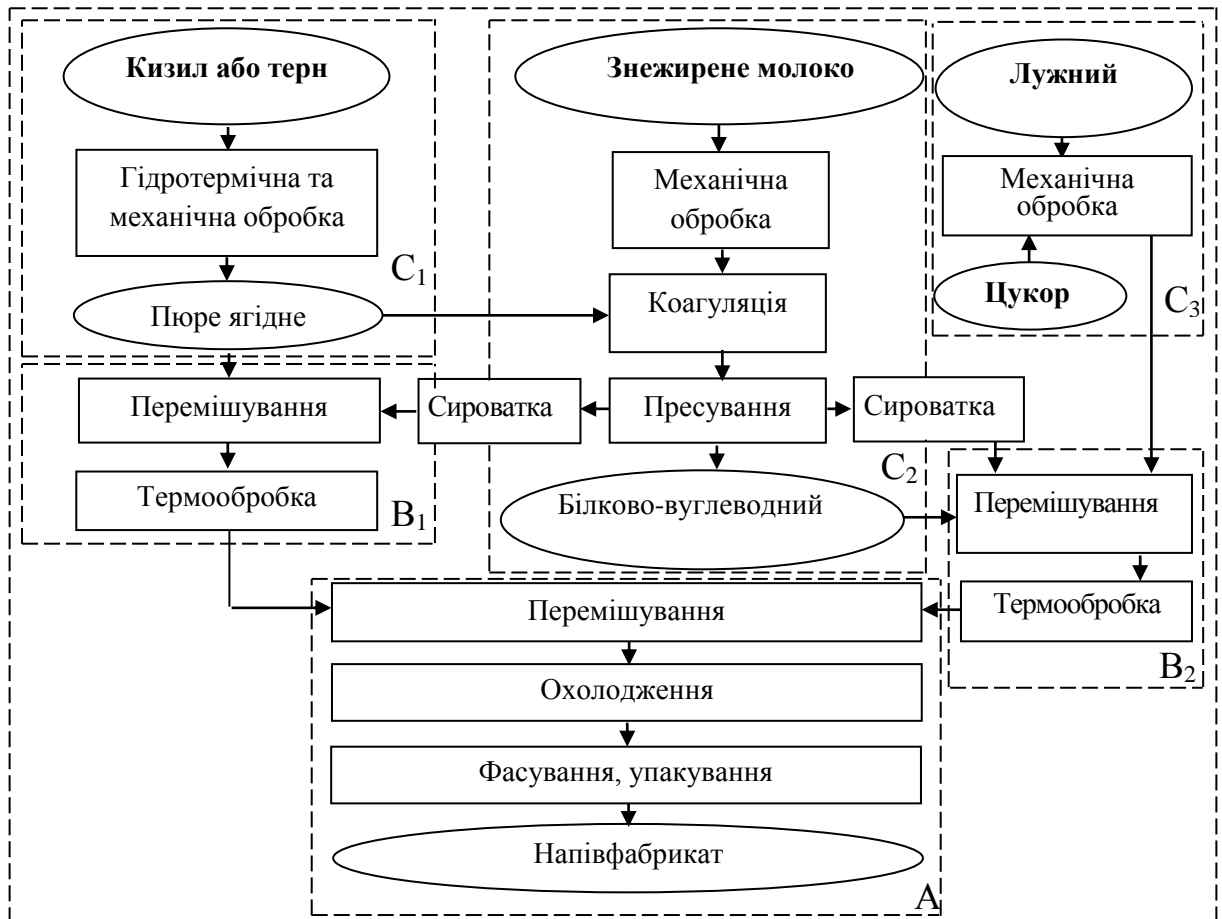


Рисунок 2.1 – Технологічна модель інноваційної стратегії розроблення технології напівфабрикатів для збитої десертної продукції

2.1.1 Обґрунтування параметрів переробки ягід та дослідження вмісту і змін пектинових речовин при переробці

Згідно сформульованої гіпотези та технологічної моделі інноваційної стратегії розроблення технології білково-вуглеводного напівфабрикату для десертної продукції маловживані ягоди пропонується використовувати за

двома напрямками – як добавку коагулюючої дії та структуроутворюючий компонент.

В першому випадку, рослинна сировина розглядається як джерело органічних кислот, що викликають коагуляцію і денатурацію молочних білків, та додаткових центрів коагуляції (пектинових речовин та білків), в другому – джерело пектинових речовин, що, за певних умов, можуть приймати участь в структуроутворенні системи.

Для існування пюре за першим напрямком використання необхідно забезпечити якомога більш повне збереження органічних кислот, а також максимальне накопичення пектинових речовин на стадії механічної кулінарної обробки (МКО) свіжих ягід.

Для існування маловживаної рослинної сировини в якості структуроутворювача необхідно забезпечити максимальну реакційну здатність пектинових речовин до утворення білково-вуглеводних комплексів, що можна досягти тільки додатковою технологічною обробкою ягід за напрямком активації пектинових речовин, тобто забезпечити їх перехід у розчинний стан.

Поряд з цим, враховуючи те, що рослинна сировина виступає складовою дисперсійного середовища збитих систем, велике значення має її дисперсний стан, що може полегшувати або ускладнювати чи унеможливити процес диспергування повітря. Тому, велике значення має забезпечення однорідності структури за максимально припустимого подрібнення рослинної тканини.

Таким чином, необхідно обґрунтувати раціональні режими МКО ягід, визначити вміст та вивчити властивості пектинових речовин ягід, обґрунтувати режими переведення пектинових речовин в розчинний стан.

Розуміючи, що при розробці нових технологій великий вплив має хімічний склад сировини, на першому етапі досліджували хімічний склад ягід врожаю 2015...2016 років, які були зібрані в Криворізькому регіоні (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Хімічний склад рослинної сировини

Найменування показника	Вміст	
	Ягоди кизилу	Ягоди терну
Сухі речовини, г/100 г, в тому числі:	18,60±0,78	25,10±1,01
Протеїн сирий	2,37±0,05	1,26±0,03
Жир сирий	1,86±0,06	7,48±0,09
Загальні вуглеводи, в тому числі:	8,46±0,15	10,28±0,16
прості вуглеводи	3,99±0,10	4,95±0,10
Сира клітковина	4,16±0,12	3,75±0,05
Пектинові речовини, в тому числі:	1,20±0,04	1,01±0,04
водорозчинні	0,68±0,03	0,53±0,02
Кальцій (Ca), мг/кг	6851,50±84,63	5435,49±96,40
Ферум (Fe), мг/кг	274,37±5,19	539,03±6,68
Марганець (Mn), мг/кг	181,75±2,25	276,86±2,99
Цинк (Zn), мг/кг	31,33±0,39	35,55±0,52
Купрум (Cu), мг/кг	2,84±0,02	3,41±0,02
Молібден (Mo), мг/кг	5,20±0,05	5,33±0,05
Хром (Cr), мг/кг	1,17±0,01	0,76±0,01
Кобальт (Co), мг/кг	0,10±0,01	0,11±0,01
Зола, г/100 г	5,09±0,05	3,77±0,04
Вітамін С, мг/100 г сирої маси	82,63±0,01	41,23±1,36
Каротин, мг/100 г сирої маси	0,146±0,003	0,073±0,003

Встановлено (табл. 2.1), що хімічний склад ягід кизилу та терну дещо різниться з літературними даними. Це можна пов'язати з кліматичними умовами, що мають суттєвий вплив на хімічний склад в цілому, та на накопичення пектинових речовин і їх фракційний склад, зокрема.

З табл. 2.1 видно, що кизил та терн є цінною в харчовому сенсі сировиною. Вони містять значну частку пектинових речовин, органічні кислоти, що дає можливість реалізувати положення інноваційної стратегії.

Відмінною рисою даної сировини є незначний термін зберігання після збирання, що викликає необхідність переробки ягід для рівномірного забезпечення промисловості та населення впродовж року [72].

Як свідчать теоретичні дані [127] та існуючі технології продукції з дисперсною структурою [21, 58, 61, 66, 72, 86, 89, 98, 118, 127, 128], раціональним є застосування плодово-ягідної сировини у вигляді пюре. Тому, предметами дослідження обрані продукти переробки ягід – пюре, що

за хімічним складом певним чином відрізняються від сировини за рахунок розділення, концентрування елементів та вилучення неїстівної частини.

Виходячи з вищевикладених положень, для отримання ягідного пюре способом протирання після операцій приймання, мийки та інспекції за загальногалузевих умов, ягоди необхідно піддати бланшуванню паром або водою для інактивації ферментів, зменшення мікробіологічного забруднення, поліпшення проникності протоплазми та полегшення наступного протирання.

Спираючись на літературні дані, температура нагрівання ягід для інактивації ферментів повинна бути вище 75°C, а для забезпечення мікробіологічної чистоти – досягати 92...100°C [129].

Як згадувалося, термічна обробка та її тривалість значним чином впливають на стан та фракційний склад пектинових речовин. Так, зі збільшенням тривалості та температури обробки збільшується частка водорозчинної фракції. Проте, для запобігання втрати сухих речовин, розпаду органічних кислот та знебарвлення ягід тривалість гідротермічної обробки (ГТО) обмежували появою порушення цілісності епікарпію ягід. ГТО проводили в середовищі води при ГМ=1,4...1,6. Таким чином, були отриманні інтервали режимів ГТО (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Режими гідротермічної обробки рослинної сировини

Найменування сировини	Температура, °C	Тривалість, с	Вихід пюре, % до маси ягід
Ягоди кизилу	85...87	60...80	79,60±1,12
Ягоди терну	90...92	165...180	83,30±1,25

Враховуючи, що подрібнення є чинником механічної руйнації протопектину, та спираючись на дані [89], які свідчать, що механічне руйнування зв'язків між пектиновими речовинами можливо за температур більших ніж 70°C, після ГТО ягоди протирали в гарячому стані при температурі 80°C на протиральній машині та охолоджували до температур застосування. Результати впливу ГТО на хімічний склад пюре наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад продуктів переробки рослинної сировини

Найменування показника	Пюре кизилове ($t=85^{\circ}\text{C}$, $\tau=80$ с)	Пюре тернове ($t=90^{\circ}\text{C}$, $\tau=180$ с)
Сухі речовини, г/100г, в тому числі:	17,62±0,74	21,51±0,84
Протеїн сирий	1,49±0,05	0,75±0,03
Жир сирий	1,09±0,05	1,92±0,01
Загальні вуглеводи, в тому числі:	5,69±0,18	9,08±0,13
прості вуглеводи	2,69±0,10	4,44±0,08
Сира клітковина	3,85±0,03	3,39±0,10
Пектинові речовини, в тому числі:	1,32±0,04	1,12±0,04
водорозчинні	0,98±0,03	0,73±0,02
Кальцій (Ca), мг/кг	5276,87±95,75	4435,49±86,14
Зола, г/100г	5,21±0,04	4,26±0,06
Вітамін С, мг/100 г сир. маси	57,62±1,21	29,27±0,60
Каротин, мг/100 г сир. маси	0,144±0,003	0,073±0,003
Активна кислотність (рН), од.	3,69±0,02	3,94±0,02

Порівняльний аналіз хімічного складу свіжих ягід та продуктів їх переробки показує, що ГТО значним чином впливає на вміст основних хімічних речовин. Так, при зменшенні в пюре кизилу та терну після ГТО сухих речовин на 5,27% та 14,30% відповідно, вміст протеїну зменшується на 37,13% та 40,48%, сирого жиру на 41,40% та 74,33% відповідно. Якщо зменшення вмісту білкових речовин можна пов'язати із денатураційними та деструктивними процесами під час ГТО, то значне зниження вмісту сирого жиру в пюре терну, напевно, пов'язане з переходом воскоподібних речовин, що формують покривну плівку ягід, до варильного середовища.

Вміст загальних вуглеводів зменшується для пюре кизилу та пюре терну на 32,74% та 11,67%. При цьому, вміст простих вуглеводів зменшується на 32,58% та 10,30% відповідно. Більші втрати вуглеводів при меншій тривалості ГТО ягід кизилу порівняно з терном можна пояснити меншою щільністю рослинної тканини, що підвищує швидкість дифузії.

Вміст кальцію, що при ГТО, скоріш за все, вступає у взаємодію з хлором варильного середовища, зменшується в пюре кизилу на 22,98% та на 18,40% в пюре терну, а вміст золи збільшується відповідно на 2,36% та 13,01%.

Вміст термолабільного вітаміну С при ГТО, за рахунок часткової руйнації

та переходу до варильного середовища, зменшується на 30,27% та 29,01% для пюре кизилу та пюре терну відповідно, а вміст каротину майже не змінюється.

Вміст клітковини під дією процесу гідролізу, який каталізується іонами водню, що вивільнюються при дисоціації власних органічних кислот ягід, а також механічної деструкції, зменшується на 7,45% та 9,60% для пюре кизилу та пюре терну відповідно. При цьому ГТО призводить до накопичення в пюре пектинових речовин, що є позитивним, з точки зору робочої гіпотези. Так, накопичення пектинових речовин склало 10,01% для пюре кизилу та 10,89% для пюре терну. Накопичення водорозчинної фракції пектинових речовин має більш виражений характер: її вміст збільшується на 44,12% та 37,74% для пюре кизилу та пюре терну відповідно. Це вказує на те, що при ГТО відбувається гідроліз нерозчинного протопектину, кількість якого відновлюється за рахунок гідролізу геміцелюлози, з накопиченням полімерів пектинових кислот. При цьому, співвідношення водорозчинного пектину до пектинових речовин та клітковини внаслідок ГТО за обраних режимів для пюре кизилу змінюється з (1,00:0,76:6,12) до (1,00:0,35:3,93), для пюре терну – з (1,00:0,91:7,08) до (1,00:0,53:4,64).

Як видно, за визначених режимів ГТО ягідної сировини пюре вміщують джерело ФТВ, що забезпечує можливість їх застосування за першим напрямком згідно моделі технологічної схеми, тобто в якості коагулянту.

Для встановлення можливості застосування ягідних пюре в якості піноутворюючого та стабілізуючого компоненту досліджували вплив хімічного складу пюре та технологічних факторів на ПУЗ та СП систем.

2.1.2 Дослідження участі елементів хімічного складу ягідних пюре в процесах піноутворення та стабілізації пінних систем

Здатність харчових сумішей до збивання зумовлює їх хімічний склад, а саме, наявність поверхнево-активних речовин. Не менше значення мають такі показники, як в'язкість та іонна сила сумішей.

Якщо розглядати ягідні пюре як полідисперсну систему, то дисперсійним середовищем є клітинний сік, в якому в розчиненому стані знаходяться речовини, що беруть участь в утворенні дисперсних систем (водорозчинні пектинові та білкові речовини). Дисперсною фазою є подрібнена рослинна тканина, що виступає як потенційне джерело розчинних речовин (за умови переходу протопектину в пектин) та механічний фактор стабілізації дисперсних систем.

Таким чином, дисперсійне середовище пюре у виділеному вигляді, тобто сік, являє собою природну модельну систему, на основі якої можливо дослідити участь розчинних речовин ягід в процесах піноутворення та стабілізації пінних систем. З цією метою досліджували ПУЗ та СП соків та вплив на ці показники технологічних факторів. Результати експериментальних досліджень, що характеризують фізико-хімічні та ФТВ соків, представлені в табл.2.4.

Таблиця 2.4 – Фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники соків ягід

Показник	Сік кизилу	Сік терну
Вміст сухих речовин, %	19,50±0,1	20,2±0,2
Активна кислотність (рН), од.	2,95±0,05	3,97±0,05
Поверхневий натяг, $\sigma \cdot 10^{-3}$ Н/м	76,18±0,02	75,05±0,02
Відносна в'язкість, од.	3,43±0,03	3,76±0,03
ПУЗ, %	155,0±5,0	146,0±2,0
СП, %	36,0±1,0	29,0±1,0

Видно (табл. 2.4), що соки ягід володіють здатністю до утворення і стабілізації пінних систем. При цьому, ПУЗ та СП соку кизилу вищі на 6,20% та 24,10% відповідно, ніж у соку терну. Менші значення ПУЗ та СП соку терну при більшій на 15,50% відносній в'язкості, порівняно з соком кизилу, можна пов'язати з більшим на 20,83% вмістом водонерозчинних пектинів.

Досліджували участь хімічних сполук соків в утворенні піни при збиванні. Для цього контролювали вміст білкових та пектинових речовин в

соку до збивання та в пінній фракції після збивання. Результати експериментальних досліджень представлені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Дослідження переходу хімічних сполук соків ягід в піну при збиванні

Зразок	Вміст загального білка, %	Вміст пектинових речовин, %	
		Всього	Водорозчинна фракція
До збивання в соку			
Сік кизилу	0,74±0,02	1,11±0,04	0,87±0,02
Сік терну	0,35±0,02	0,98±0,03	0,69±0,02
Після збивання в піні			
Сік кизилу	0,62±0,02	0,74±0,04	0,53±0,02
Сік терну	0,27±0,02	0,58±0,03	0,37±0,02

З табл. 2.5 видно, білкові та пектинові речовини соків активно адсорбуються на міжфазній поверхні піни. Так, при збиванні в пінну фракцію загального білка переходить для соку кизилу та терну відповідно 83,78% та 77,14%. Пектинові речовини також беруть активну участь в піноутворенні, переходячи в пінну фракцію для соку кизилу та терну відповідно на 66,67% та 59,42% від загального вмісту.

Проте, водорозчинна та водонерозчинна фракції проявляють неоднаковий ступінь участі в піноутворенні. При збиванні в пінну фракцію водорозчинних пектинових речовин переходить для соку кизилу та терну відповідно 60,92% та 53,62% від вмісту водорозчинної фракції, що становить 47,75% та 37,76% від загального вмісту пектинових речовин в соках та 71,62% та 63,79% від загального вмісту пектинових речовин, що перейшли в піну.

Наведені дані свідчать про значну роль рослинних білків та водорозчинних пектинових речовин ягід в утворенні піни при збиванні.

Проте, соки ягід не здатні до утворення багатократних, стійких у часі пін. Незначна ПУЗ та низька СП соків пов'язана зі значеннями поверхневого натягу та іонної сили соків. При цьому у об'єктів, що досліджувалися, значення поверхневого натягу знаходяться вище за цей показник для

дистильованої води, а рН середовища дещо нижче ізоелектричної точки рослинних білків. Виходячи з теоретичних положень, підвищити ПУЗ та СП соків ягід можливо додаванням води, яка, виступаючи розчинником, змінює дисоціацію білкових часток. Було досліджено фізико-хімічні властивості та динаміку зміни показників якості піни з-за умов розведення соків дистильованою водою. Результати досліджень наведені на рис. 2.2 – 2.3.

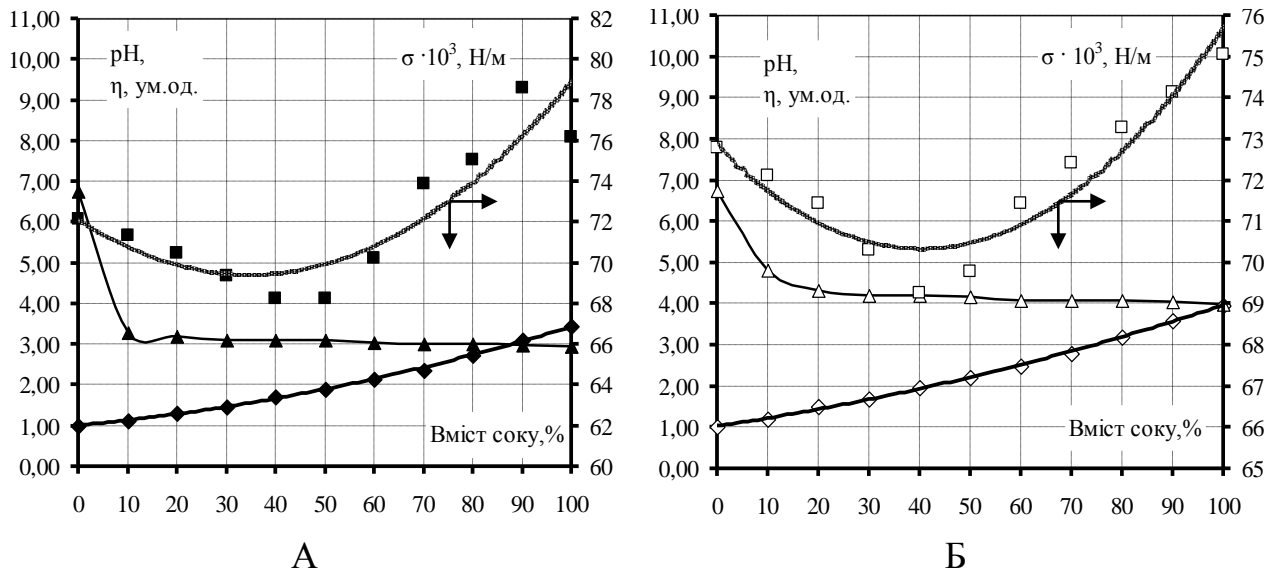


Рисунок 2.2 – Залежність в'язкості, рН та поверхневого натягу систем «дистильована вода-сік» від вмісту соку кизилу (А), соку терну (Б):

- \blacklozenge – в'язкість, \blacktriangle – рН, \blacksquare – поверхневий натяг
- \blacklozenge – в'язкість, \blacktriangle – рН, \blacksquare – поверхневий натяг

Як видно з рис. 2.2, залежності відносної в'язкості, рН і поверхневого натягу для систем з соком кизилу та терну подібні, що вказує на спорідненість фізико-хімічних властивостей ягід. Активна кислотність соків лежить в кислотній зоні, що зумовлено наявністю в їх складі органічних кислот. Розведення соків дистильованою водою не призводить до різкого підвищення рН. Так, зменшення вмісту соків в системах зі 100% до 10% призводить до підвищення водневого показника лише на 0,35 та 0,85 одиниці, або на 11,86% та 21,41% для соку кизилу та терну відповідно. Це вказує на те, що системи «дистильована вода-сік» є буферними системами, які містять слабкі органічні кислоти та солі цих кислот, і виступають слабкими електролітами.

При розведенні соків відносна в'язкість зменшується для систем з соком кизилу та терну в 3,06 та 2,80 рази відповідно. При цьому відбувається зміна поверхневого натягу систем. Мінімальні значення поверхневого натягу спостерігаються в системах з 40...50% вмістом соків, що можна пояснити максимальною гідратацією білкової складової систем. При цьому поверхневий натяг цих систем відповідно на 6,25% та 4,84% менше, ніж у дистильованій воді.

Відомо [87], що при підвищенні концентрації органічної кислоти в розчині поверхневий натяг його зростає. Тому, зниження значень поверхневого натягу систем при зростанні частки води можна пов'язати зі зменшенням концентрації органічних кислот в цих системах.

Як згадувалося (табл. 2.4), соки ягід проявляють певні піноутворюючі та піностабілізуючі властивості. На рис. 2.3 відображено залежності ПУЗ та СП систем «дистильована вода-сік» від вмісту соків.

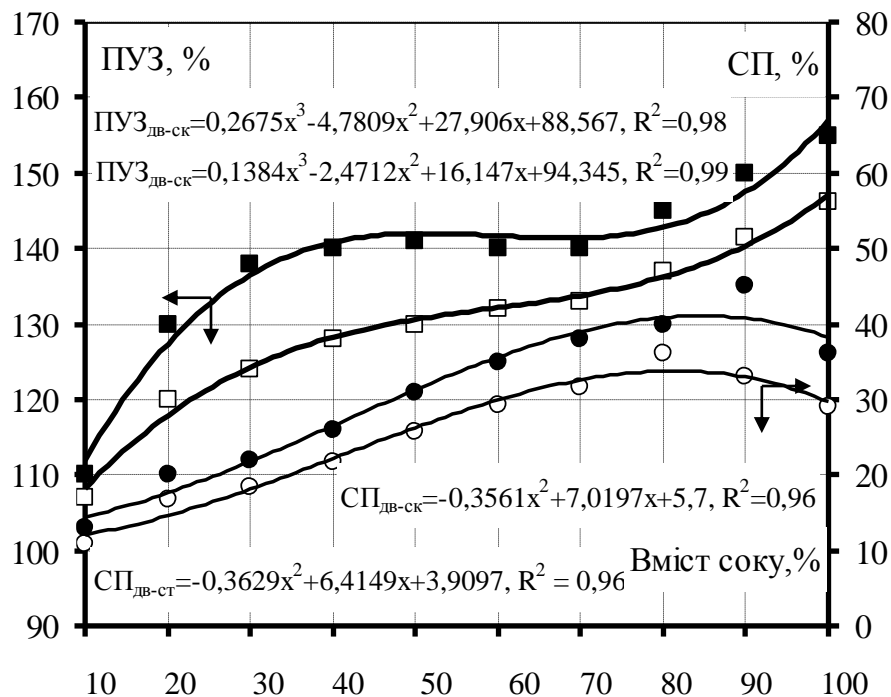


Рисунок 2.3 – Апроксимована залежність ПУЗ та СП систем «дистильована вода-сік» від вмісту соку, %:

- ПУЗ систем з соком кизилу; —□— ПУЗ систем з соком терну
- СП систем з соком кизилу; —○— СП систем з соком терну

Отримані результати свідчать, що максимальні значення ПУЗ мають натуральні соки. Проте, розведення соку кизилу та терну водою на 10...30% приводить до збільшення СП на 25,00...5,56% та 24,14...10,34% відповідно. При цьому ПУЗ зменшується на 3,23...9,68% для соку кизилу та на 2,74...8,90% для соку терну. Максимальний характер кривих, що описують залежність СП від вмісту соків в системах з екстремумами в визначених інтервалах, можна пов'язати з рядом факторів.

За наявності води відбувається набрякання пектину, збільшується дисоціація білкових часток та зменшується в'язкість системи. Це викликає збільшення СП в інтервалі 90...70% вмісту соків в системах. При подальшому зменшенні вмісту соків відбувається стрімке погіршення СП, що є наслідком браку піноутворюючих та піностабілізуючих речовин, а також критичним зменшенням в'язкості системи.

Як приклад на рис. 2.4 та 2.5 наведені залежності ПУЗ та СП від вмісту соків в системах та значень поверхневого натягу цих систем.

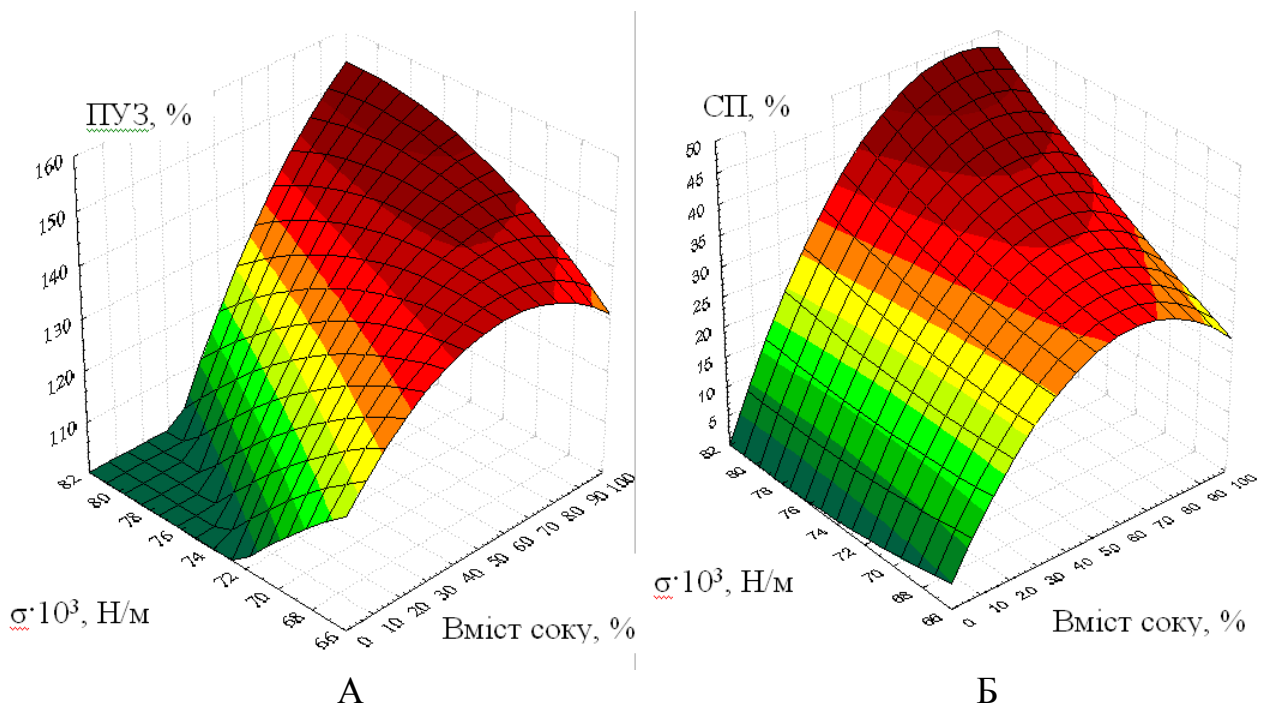


Рисунок 2.4 – Залежність ПУЗ (А) та СП (Б) систем «дистильована вода – сік кизилу» від вмісту соку та значень поверхневого натягу

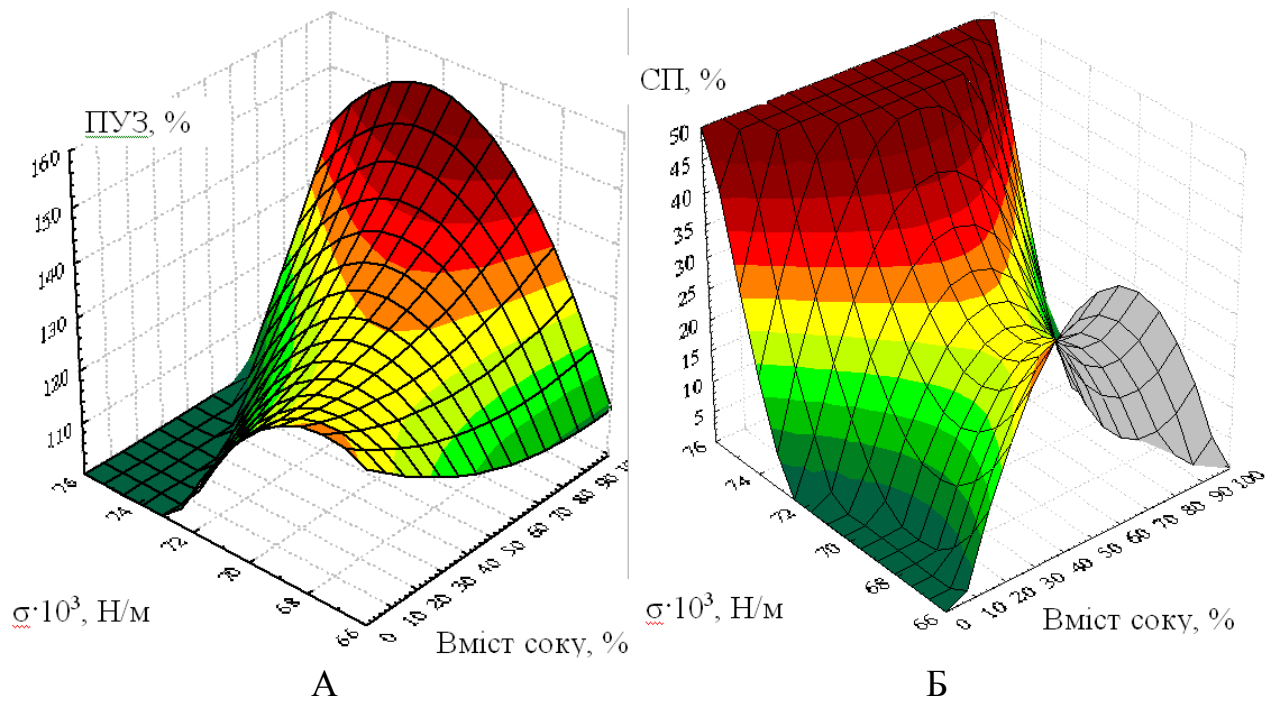


Рисунок 2.5 – Залежність ПУЗ (А) та СП (Б) систем «дистильована вода - сік терну» від вмісту соку та значень поверхневого натягу

Математичні залежності, що описують залежності ПУЗ та СП від вмісту соків в системах та поверхневого натягу, мають вигляд:

$$\text{ПУЗ}_{\text{ДВ-СК}} = -124,073 - 3,093 \cdot B_c + 10,17 \cdot \sigma \cdot 10^{-3} - 0,006 \cdot B_c^2 + 0,057 \cdot B_c \cdot \sigma \cdot 10^{-3} - 0,098 \cdot (\sigma \cdot 10^{-3})^2, \quad (2.1)$$

$$\text{СП}_{\text{ДВ-СК}} = 138,021 - 0,336 \cdot B_c - 3,441 \cdot \sigma \cdot 10^{-3} - 0,007 \cdot B_c^2 + 0,018 \cdot B_c \cdot \sigma \cdot 10^{-3} + 0,021 \cdot (\sigma \cdot 10^{-3})^2, \quad (2.2)$$

$$\text{ПУЗ}_{\text{ДВ-СТ}} = -4930,13 - 7,702 \cdot B_c + 150,14 \cdot \sigma \cdot 10^{-3} + 0,002 \cdot B_c^2 + 0,11 \cdot B_c \cdot \sigma \cdot 10^{-3} - 1,113 \cdot (\sigma \cdot 10^{-3})^2, \quad (2.3)$$

$$\text{СП}_{\text{ДВ-СТ}} = 7473,79 + 2,894 \cdot B_c - 217,85 \cdot \sigma \cdot 10^{-3} - 0,019 \cdot B_c^2 - 0,015 \cdot B_c \cdot \sigma \cdot 10^{-3} + 1,58 \cdot (\sigma \cdot 10^{-3})^2. \quad (2.4)$$

Підкреслюючи особливу роль водорозчинного пектину у формуванні та стабілізації пінних систем, а також, враховуючи, що при тепловій обробці його кількість може зростати за рахунок деструкції протопектину, було досліджено вплив режимів теплової обробки на ПУЗ та СП соків ягід. З цією метою соки піддавали ступеневому нагріванню до $98 \pm 2^\circ\text{C}$. Зразки відбиралися з кроком 10°C , також був відібраний зразок, який було

оброблено при температурі $98\pm 2^\circ\text{C}$ впродовж 5·60с. Вибір температурних режимів та часу обробки пов'язували з режимами, за яких прогриваються ягоди при ГТО. Дослідження проводили після термостатування соків при температурі $20\pm 1^\circ\text{C}$.

Термічна обробка призводить до значних фізико-хімічних змін у соках внаслідок протікання реакцій кислотного гідролізу, неензиматичного побуріння вуглеводів, денатурації білкових речовин, руйнації вітамінів, результатом чого є зміна в'язкості та поверхневого натягу соків (рис. 2.6).

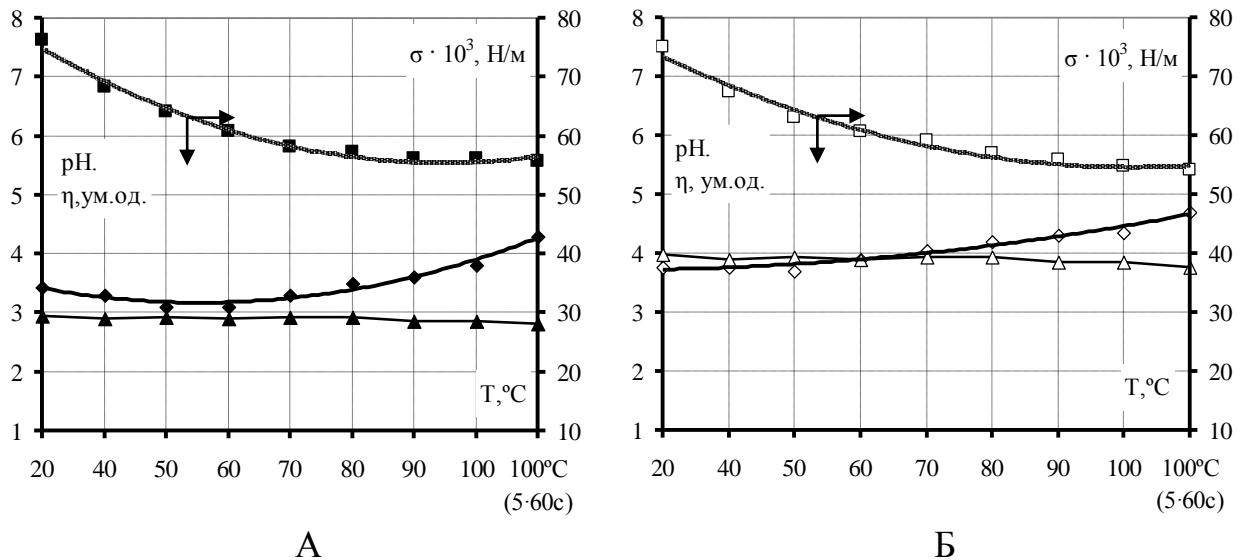


Рисунок 2.6 – Динаміка зміни відносної в'язкості, рН та поверхневого натягу соку кизилу (А), соку терну (Б) при нагріванні: \blacklozenge – в'язкість, \blacktriangle – рН, \blacksquare – поверхневий натяг; \diamond – в'язкість, \triangle – рН, \square – поверхневий натяг

Як видно з рис. 2.6, відносна в'язкість для обох зразків поступово зростає. Якщо врахувати, що соки піддавалися нагріванню за умов запобігання випаровування вологи, підвищення в'язкості можна пояснити денатурацією білкових речовин соків, що викликає утворення асиметричних агрегатів, які порушують ламінарну течію. При цьому, для соків кизилу та терну, що піддавалися термічній обробці за $98\pm 2^\circ\text{C}$ впродовж 5·60 с, відносна в'язкість відповідно на 25,36% та 25,01% вище порівняно з в'язкістю непрогрітих соків.

При підвищенні температури прогрівання поверхневий натяг, внаслідок руйнування органічних кислот, зменшується і, для соків кизилу та терну, що піддавалися термічній обробці за температури $98 \pm 2^\circ\text{C}$ впродовж 5-60 с, відповідно становить 73,01% та 72,19% від первинних значень. При підвищенні температури нагрівання рН соків коливається незначним чином, і, в середньому, зменшується на 5,34% для обох зразків.

Для отримання порівняних значень ПУЗ та СП непрогрітих соків та соків, що піддавалися тепловій обробці, визначення цих показників проводилося після термостатування прогрітих соків при температурі $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Результати досліджень представлені на рис 2.7.

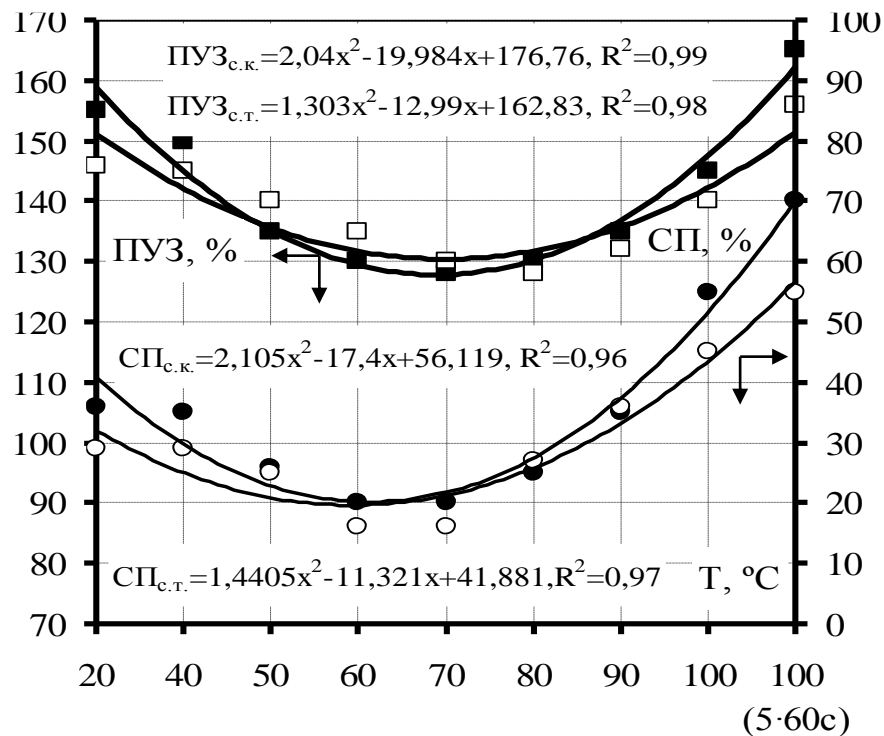


Рисунок 2.7 – Апроксимована залежність впливу термічної обробки на піноутворюючу здатність та стійкість піни соків, %: ■ – ПУЗ соку кизилу; □ – ПУЗ соку терну; ● – СП соку кизилу; ○ – СП соку терну

Аналізуючи отримані дані, можна відмітити, що ПУЗ та СП соків залежать від величини теплової обробки мінімальним образом. При підвищенні температури обробки до 70...80°C ПУЗ та СП знижуються для соку кизилу на 17,42% та 44,44%, а для соку терну на 12,33% та 44,83% відповідно. Це, напевно, пов'язано з денатурацією білкової складової соків та

зменшенням кількості вітаміну С, які виступають чинниками утворення та стабілізації піни.

При подальшому підвищенні температури, показники, що досліджуються, збільшуються, та мають максимальні значення у зразків, що були прогріті при температурі $98\pm 2^\circ\text{C}$ впродовж 5·60 с. При цьому ПУЗ соків збільшується в середньому лише на 6,65%, а СП набуває значних показників, збільшуючись в 1,94 та 1,90 рази для соку кизилу та терну відповідно.

Майже двократне збільшення СП соків після теплової обробки можна пояснити рядом факторів. По-перше, прогрівання при температурі $98\pm 2^\circ\text{C}$ протягом 5·60 с викликає деструкцію протопектину, в результаті чого частка водорозчинного пектину, який є фактором стабілізації пінних структур, в соку кизилу збільшується на 13,80% з 0,87% до 0,99% від загального вмісту водорозчинної фракції. Для соку терну перехід протопектину в пектин при тепловій обробці менше виражений. Так, частка водорозчинної фракції зростає з 0,69% до 0,77% від загального вмісту водорозчинної фракції. Іншим фактором зростання СП є збільшення відносної в'язкості прогрітих соків. Але, на нашу думку, вирішальним фактором укріплення піни при збиванні прогрітих соків виступає механічне закупорювання каналів Плато-Гіббса частками денатурованого білка, які, являючи собою флокулянт, запобігають витіканню рідини зі структури піни, тим самим подовжуючи термін життя піни.

Таким чином, можна зробити висновок, що продукти переробки ягід володіють піноутворюючими та піностабілізуючими властивостями, що переважно зумовлені вмістом гідроколоїдів. Поряд з цим, тепла обробка призводить до значного підвищення ФТВ рослинної сировини, що зумовлено збільшенням частки розчинного пектину. Тому, можна стверджувати, що додаткова тепла обробка пюре ягід може забезпечити накопичення розчинного пектину за рахунок деструкції нерозчинних гідроколоїдів.

2.1.3 Дослідження умов активування функціонально-технологічних властивостей пектинових речовин ягідних пюре

Досліджували вплив теплової обробки пюре на накопичення розчинного пектину. З цією метою пюре термостатували за визначених температур впродовж 5-60 с та визначали вміст загальних і розчинних пектинів (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Вміст пектинових речовин в пюре ягід в залежності від температури нагрівання пюре

Температура нагрівання пюре, °С	Пюре кизиллове		Пюре тернове	
	Вміст пектинових речовин, % на суху речовину			
	Всього	у тому числі водорозчинні	Всього	у тому числі водорозчинні
20±2	1,32±0,01	0,98±0,01	1,12±0,01	0,73±0,01
50±2	1,32±0,01	0,98±0,01	1,12±0,01	0,73±0,01
70±2	1,30±0,01	1,00±0,01	1,10±0,01	0,75±0,01
80±2	1,27±0,02	1,06±0,01	1,04±0,01	0,79±0,01
90±2	1,25±0,02	1,08±0,02	1,03±0,02	0,82±0,02
98±2	1,25±0,03	1,14±0,02	1,00±0,02	0,84±0,02

Отримані дані показують, що з підвищенням температури прогрівання пюре з 20 до 100°C кількість водорозчинного пектину внаслідок кислотного гідролізу протопектину збільшується для пюре кизилу та терну на 16,33% та 15,07% відповідно. При цьому, вміст геміцелюлоз зменшується на 67,65% для пюре кизилу та на 58,97% для пюре терну. Це вказує на те, що при високих температурах ГТО відбувається частковий гідроліз нерозчинних кліткових гідроколідів та теплова деградація пектину. Отримані дані мають високий ступень кореляції з теоретичними даними [129] та дослідженнями інших вчених [89].

З табл. 2.6 видно, що реакції деструкції складних вуглеводів прискорюються при температурах 80...100°C. Однак, високотемпературна обробка рослинної сировини може призводити до значних фізико-хімічних

змін, внаслідок протікання реакцій кислотного гідролізу, неензиматичного побуріння вуглеводів, руйнації вітамінів тощо [66].

Таким чином, можна зробити висновок, що раціональною температурою, до якої слід прогрівати пюре, з точки зору накопичення водорозчинного пектину та запобігання небажаних процесів, є $80\pm 2^\circ\text{C}$. При цьому, кількість водорозчинного пектину збільшується для пюре кизилу та терну на 8,16% та 8,22% відповідно.

На ступінь переходу протопектину в пектин, крім величини теплової обробки, значний вплив має тривалість процесу (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Вміст пектинових речовин в пюре ягід в залежності від тривалості нагрівання пюре за температури $80\pm 2^\circ\text{C}$

Тривалість теплової обробки, с	Пюре кизилове		Пюре тернове	
	Вміст пектинових речовин, % на суху речовину			
	Всього	у тому числі водорозчинні	Всього	у тому числі водорозчинні
0	1,28±0,02	1,01±0,02	1,10±0,02	0,75±0,01
120	1,25±0,01	1,05±0,02	1,06±0,01	0,77±0,02
240	1,25±0,01	1,08±0,02	1,04±0,01	0,79±0,01
360	1,29±0,01	1,15±0,02	1,04±0,01	0,82±0,01
480	1,35±0,01	1,21±0,02	1,07±0,01	0,85±0,02
600	1,47±0,01	1,27±0,02	1,15 ±0,01	0,90±0,02
720	1,55±0,01	1,35±0,02	1,20±0,01	0,94±0,01
840	1,58±0,01	1,36±0,01	1,20±0,01	0,95±0,01

Встановлено (табл. 2.7), що збільшення тривалості теплової обробки при температурі $80\pm 2^\circ\text{C}$ призводить до додаткового накопичення водорозчинного пектину. Інтенсивне накопичення відбувається за тривалості $(8...12)\cdot 60$ с, а подальша тепла обробка призводить до уповільнення процесу деструкції протопектину та накопичення водорозчинної фракції. Тому, раціональною тривалістю теплової обробки при обраному температурному режимі є $(10...12)\cdot 60$ с. За цей час відбувається розм'якшення рослинної тканини, частковий гідроліз нерозчинних кліткових гідроколідів, а незначна тривалість теплової обробки запобігає тепловій деградації пектину, що утворюється. Це зумовлює накопичення

водорозчинного пектину в пюре кизилу в межах $1,35 \pm 0,02\%$ та в пюре терну $0,94 \pm 0,01\%$, що відповідно на 37,76% та 28,77% більше первинного вмісту в пюре, і на 98,53% та 77,36% більше первинного вмісту в ягодах.

Як видно з табл. 2.7, при тепловій обробці поряд зі збільшенням вмісту водорозчинної фракції відбувається накопичення нерозчинних пектинів, що можна пояснити частковим гідролізом клітковини під дією власних кислот рослинної тканини, за рахунок чого вміст протопектину збільшується для пюре кизилу та терну відповідно на 23,44% та 9,09%. Проте, для максимальної реалізації структуроутворюючих та стабілізуючих властивостей пектинових речовин пюре необхідне застосування додаткових чинників їх активації за рахунок значного ресурсу нерозчинних кліткових гідроколоїдів пюре.

Згідно моделі технологічної схеми при осадженні білкових речовин знежиреного молока передбачається вивільнення сироватки, яка, крім недоосаджених білків та інших хімічних сполук молока, містить елементи, що перейшли з рослинної сировини. В цілому, хімічний склад отриманої сироватки характеризує її як цінну, з харчової точки зору, сировину. Тому, було запропоновано використовувати сироватку як каталізатор процесу гідролізу кліткових гідроколоїдів пюре ягід. Проводити гідроліз безпосередньо в середовищі сироватки не є доцільним, так як сироватка має кислу реакцію, що прискорює розпад протопектину, а іони двовалентного кальцію навпаки уповільнюють цю реакцію.

Виходячи з цього, до пюре після ГТО при температурі $80 \pm 2^\circ\text{C}$ впродовж $(10 \dots 12) \cdot 60$ с додавали сироватку, що містить 1,0...1,1% молочної кислоти і ряд інших кислот, у співвідношенні (1:0,5). Суміш витримували при температурі $80 \pm 2^\circ\text{C}$ впродовж $(0 \dots 50) \cdot 60$ с, потім протирали.

Відомо що, на ступінь перетворення протопектину впливають параметри гідролізу. Запропоновані технологічні режими були підібрані з урахуванням літературних даних [107, 130] та власних аналітичних

висновків. Час теплової обробки встановлювали за максимальним накопиченням водорозчинного пектину (рис. 2.8).

Як видно з рис. 2.8, максимальне накопичення водорозчинного пектину при гідролізі кліткових гідроколоїдів пюре досягає 1,98% для пюре кизилу та 1,32% для пюре терну при тривалості процесу (30...35)·60 с.

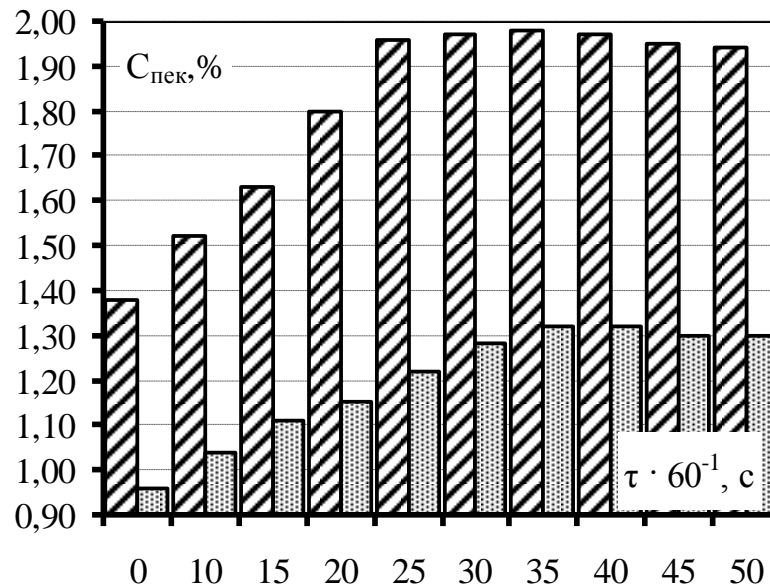


Рисунок 2.8 – Динаміка накопичення водорозчинного пектину при гідролізі кліткових гідроколоїдів пюре ягід, %:

▨, ▩ – пюре кизилу та терну відповідно

Тривалість гідролізу більше 35·60 с не призводить до більшого накопичення водорозчинного пектину, а, навпаки, його кількість зменшується відповідно на 2,02% та 1,52% внаслідок теплової деградації. При цьому, в зразках інтенсифікується накопичення продуктів реакції меланоїдіноутворення, що погіршує смакові якості гідролізатів.

Таким чином, з метою максимального накопичення водорозчинного пектину та для збереження БАР ягід, а також запобігання реакції меланоїдіноутворення, раціональна тривалість гідролізу кліткових гідроколоїдів пюре в присутності сироватки за температури $80 \pm 2^\circ\text{C}$ повинна становити для пюре кизилу 30·60 с, пюре терну 35·60 с. За встановлених режимів кислотного гідролізу досягається підвищення вмісту

водорозчинного пектину для пюре кизилу та терну на 43,48% та 37,50% відповідно.

Проведені дослідження дозволили визначити умови регулювання ФТВ пектинових речовин ягідних пюре, що можуть бути закріплені як параметри технологічного процесу. Доведено, що для отримання ягідного пюре та максимального накопичення водорозчинного пектину, необхідним є тристадійний процес термообробки ягідної сировини: гідротермічна обробка ягід кизилу при температурі 85...87°C впродовж 60...80 с та ягід терну при температурі 90...92°C впродовж 165...180 с, і наступне протирання ягід при температурі 80±2°C з отриманням пюре (I стадія), термообробка пюре в присутності води при температурі 80±2°C впродовж (10...12)·60 с (II стадія), термообробка в присутності сироватки при температурі 80±2°C впродовж (30...35)·60 с (III стадія).

2.1.4 Теоретичне обґрунтування та розроблення модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока

Аналіз літературних джерел показав, що найбільш перспективними способами осадження молочних білків, з точки зору повного виділення білкової складової, можна вважати термокальцієвий і термокислотний способи, а також способи, що засновані на застосуванні в якості осаджувачів складних вуглеводів. Проте, з точки зору економічної ефективності, пріоритетним є термокислотний спосіб із застосуванням, в якості осаджувача, кислої сироватки. Але цей спосіб забезпечує осадження лише 29...46% сироваткових білків, а їх решта втрачається із сироваткою [131].

Теоретичні дослідження показали, що забезпечити доосадження коагульованих сироваткових білків можливо за умови наявності додаткових центрів коагуляції, в якості котрих можуть виступати складні вуглеводи (клітковина, пектинові речовини) та інші білки.

Аналізуючи фізико-хімічну сутність вищезначених способів, в рамках інноваційної стратегії, була сформульована додаткова гіпотеза, згідно якої виділення білкових речовин знежиреного молока можливо здійснити за рахунок застосування як коагулянту ягідних пюре, що містять органічні кислоти, пектинові речовини та білки (табл. 2.3).

При розробці модифікованого способу осадження білкових речовин знежиреного молока за рахунок власних кислот ягідних пюре з метою отримання продукту високої якості необхідно було вирішити наступні задачі:

- науково обґрунтувати технологічні режими осадження білкових речовин знежиреного молока з застосуванням як коагулянту ягідних пюре;

- визначити технологічні режими осадження (співвідношення коагулянту і знежиреного молока, температуру та тривалість осадження) для забезпечення максимального виділення білкових речовин знежиреного молока.

При науковому обґрунтуванні модифікованого способу комплексного осадження білків знежиреного молока виходили з наступних теоретичних положень.

Як згадувалося, здатність та ступінь виділення білкових речовин з молочної сировини залежать від виду та концентрації білка, температури, іонної сили, тривалості нагрівання тощо. При цьому, казеїнові білки в ІЕТ при рН 4,6...4,7 утворюють згусток, а сироваткові білки внаслідок високотемпературної обробки денатурують, агрегують, але з-за малої концентрації та меншої, ніж у казеїну, молекулярної маси згустку не утворюють, що запобігає їх вилученню. Проте, при цьому створюються умови для захвату агрегатів сироваткових білків пластівцями казеїну, що денатурував. Автор [132] приводить дані, що нагрівання знежиреного молока вище 75°C викликає комплексоутворення казеїну та сироваткових білків, що відображається в збільшенні розміру міцел та зменшенні на 30...70% вмісту сироваткових білків у сироватці. При цьому, швидкість комплексоутворення незначна і помітно прискорюється при нагріванні знежиреного молока до

80...85°C. В свою чергу, збільшення міцел підвищує коагуляційну здатність казеїну в кислій зоні. За даними А.Г. Храмцова, для максимального осадження сироваткових білків необхідна витримка знежиреного молока з рН 6,0...6,5 при температурі 93°C впродовж 10·60 с, а більш тривала термічна обробка лише погіршує поживну та біологічну цінність білка [10]. Тому, попереднє нагрівання знежиреного молока до температури 93°C та витримка впродовж 10·60 с були закріплені як параметри технологічного процесу.

Для забезпечення додаткового осадження білкових речовин знежиреного молока за участі пектинових речовин необхідно створити умови для утворення білково-полісахаридних комплексів. Відомо [89], що білки та аніонні полісахариди за значень рН вище ІЕТ білка, утворюють розчинні комплекси, а за значень рН нижче ІЕТ, утворюються нерозчинні у воді комплекси [66]. Слід зауважити, що утворені комплекси також можуть запобігати денатурації та коагуляції білкових речовин під дією зовнішніх факторів.

Таким чином, теоретичний діапазон активної кислотності середовища для комплексного осадження білків знежиреного молока за допомогою рослинної сировини повинен лежати не в межах інтервалу ізоелектричного стану казеїну та сироваткових білків, тобто в інтервалі рН 4,4...4,7, а дещо вище для забезпечення умов білково-пектинового комплексоутворення та взаємодії іонів Ca^{2+} з -ОН-групами фосфорної кислоти казеїну.

На наступному етапі дослідження з метою встановлення співвідношення знежиреного молока і коагулянту для отримання раціональних умов комплексного осадження білкових речовин було досліджено зміну рН знежиреного молока від частки внесення ягідного пюре.

Спираючись на вищевикладені дані щодо створення умов для коагуляції сироваткових білків, знежирене молоко піддавали попередній тепловій обробці за температури 91...93°C впродовж 10·60 с. Результати подальших досліджень підтвердили, що обрані режими не тільки зумовлюють умови для наступного максимального осадження сироваткових

білків, а й забезпечують отримання згустку з найкращими структурно-механічними характеристиками.

Знежирене молоко за температури 20°C має рН 6,68±0,01 од. Для досліджень використовували знежирене молоко, що було пастеризоване, при цьому, за рахунок резервування, розпаду кислих солей та вивільнення вуглекислого газу, його рН при 20°C набуває значення 6,54±0,01 од. Підготовлені за визначених раніше (рис.2.1.) режимів (І стадія) пюре кизилу та терну мають значення рН 3,69±0,02 та 3,94±0,02 од. відповідно.

Дослідження динаміки зміни рН знежиреного молока від частки внесеного пюре показали (рис. 2.9), що при внесенні пюре до 1,0% рН змінюється незначним чином, що пояснюється буферною ємністю знежиреного молока, а при подальшому збільшенні частки пюре рН лінійно зменшується.

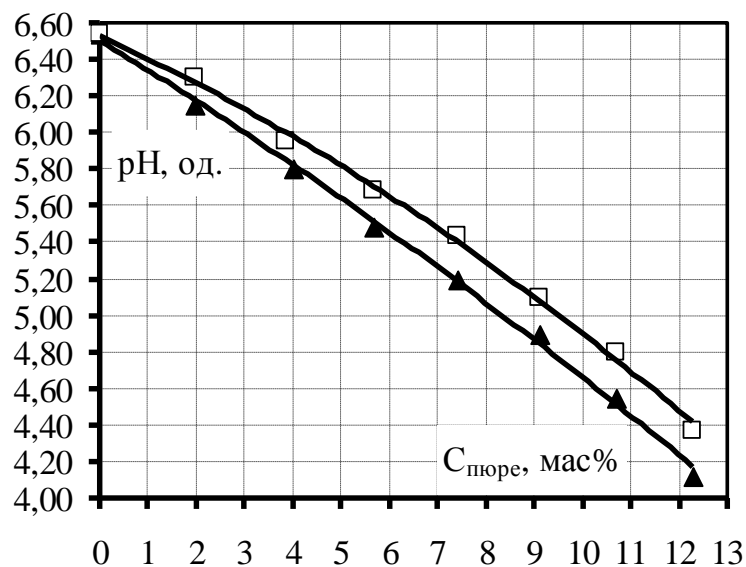


Рисунок 2.9 – Залежність рН суміші, що містить знежирене молоко та пюре ягід, від частки внесеного пюре, од: —▲—, —□— — рН суміші знежиреного молока з пюре кизилу та терну відповідно

Для досягнення інтервалу рН 4,4...4,7, що відповідає ізоелектричному стану казеїну та сироваткових білків, необхідне внесення 9,8...11,2% пюре кизилу та 11,0...12,3% пюре терну. Але за таких співвідношень видима коагуляція білків при температурі 20°C відбувається майже миттєво, а

отриманий згусток має високу вологість, дрібку консистенцію та виражений колір рослинної добавки.

Таким чином, враховуючи, що термокислотна коагуляція здійснюється при температурах більше 90°C , коли значно прискорюються хімічні реакції та молекулярний рух, що збільшує вірогідність зіткнення казеїнових глобул та утворення агрегатів, і те, що між температурою коагуляції та значенням рН системи є певна залежність – чим вище температура обробки, тим вище значення активної кислотності, при якому відбувається коагуляція білків, вважаємо за доцільне закріпити частку внесення пюре в межах, що забезпечують інтервал рН суміші вище ІЕТ молочних білків. Це буде сприяти білково-пектиновому комплексоутворенню через наявність не нейтралізованих іонами водню, що накопичуються внаслідок дисоціації органічних кислот пюре, карбоксильних груп дикарбонових кислот та гідроксильних груп фосфорної кислоти знежиреного молока.

Також, значну роль в процесі осадження білкових речовин відіграє температура змішування знежиреного молока та коагулянту. У роботі [133] відзначено, що зниження температури знежиреного молока після високотемпературної пастеризації та внесення коагулянту при більш низьких температурах призводить до одержання білкового згустку з пластичною однорідною структурою, без вади крупинчатості. Тому, вважаємо за доцільне передбачити здійснення охолодження знежиреного молока після пастеризації та прийняти температуру змішування пастеризованого знежиреного молока та підготовленого коагулянту в межах $80\dots 82^{\circ}\text{C}$.

На такий параметр процесу комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока за допомогою рослинної сировини, як вихід білкових речовин, або ступінь осадження білкових речовин знежиреного молока, мають вплив три основні чинники: частка внесеного пюре, температура осадження білкових речовин та тривалість витримки композиції при температурі осадження. Для пошуку раціональних значень параметру використовували класичний підхід, що має назву метод Гаусса-Зейделя, та

передбачає зміну значень одного фактору, встановлення та закріплення його найкращого значення, зміну значень наступного фактору при закріпленому значенні попереднього фактору і так далі [134].

На наступному етапі при дослідженні процесу осадження білкових речовин в пастеризоване знежирене молоко з температурою 80...82°C вносили при постійному перемішуванні визначену кількість пюре, нагрівали та витримували при температурі $92\pm 1^\circ\text{C}$ впродовж 10·60 с. Потім згусток відфільтровували, піддавали самопресуванню впродовж (20...30)·60 с та охолоджували до температури 12...14°C.

Результати експериментальних досліджень показали, що внесення, за визначених умов, пюре ягід значним чином впливає на процес згортання знежиреного молока та ступінь виділення білкових речовин (рис. 2.10). При цьому візуальні спостереження виявили, що утворення однорідного згустку при обраних режимах відбувається тільки в системах «знежирене молоко - пюре» з долею пюре більше 1,5%.

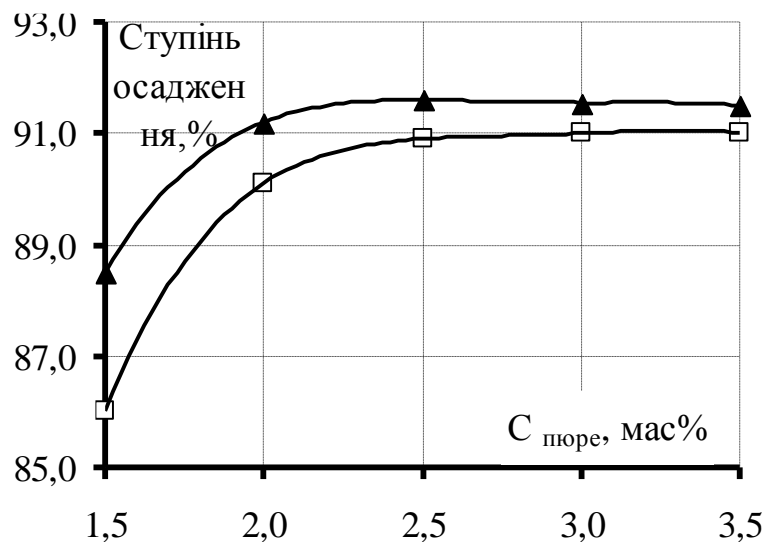


Рисунок 2.10 – Вплив частки внесеного пюре на ступінь осадження білкових речовин знежиреного молока, %: —▲—, —□— — композиція знежиреного молока з пюре кизилу та терну відповідно

Згідно рис. 2.10, максимальний вихід білкових речовин спостерігається при внесенні 2,5% пюре кизилу, 3,0...3,5% пюре терну і становить 91,6%, 91,0% відповідно.

За органолептичними показниками ці зразки характеризувалися однорідною і пластичною консистенцією, смак – чистий молочний з легким запахом пастеризації, колір – рожево-біломолочний (табл. 2.8).

Також було встановлено, що будь-який вміст пюре ягід більше 3,5...3,8% не призводить до збільшення виходу білкових речовин знежиреного молока. При цьому, знижується якість білкового згустку, який набуває щільної консистенції, що підвищує здатність до синерезису.

Білкові частки погано піддаються розтиранню. Колір згустку змінюється до брудно-червоного. Таким чином, частка внесення пюре ягід більше 3,0% не має практичного значення.

Для встановлення раціональної температури осадження досліджували вплив теплової обробки на вихід білкових речовин композицій «знежирене молоко - пюре» з 2,5% пюре кизилу та 3,0% пюре терну (рис. 2.11). При цьому, виходили з того, що коагуляція білків знежиреного молока починається при 70°C, при 80°C – посилюється, а при 94°C і витримці впродовж (20...30)·60 с вона закінчується.

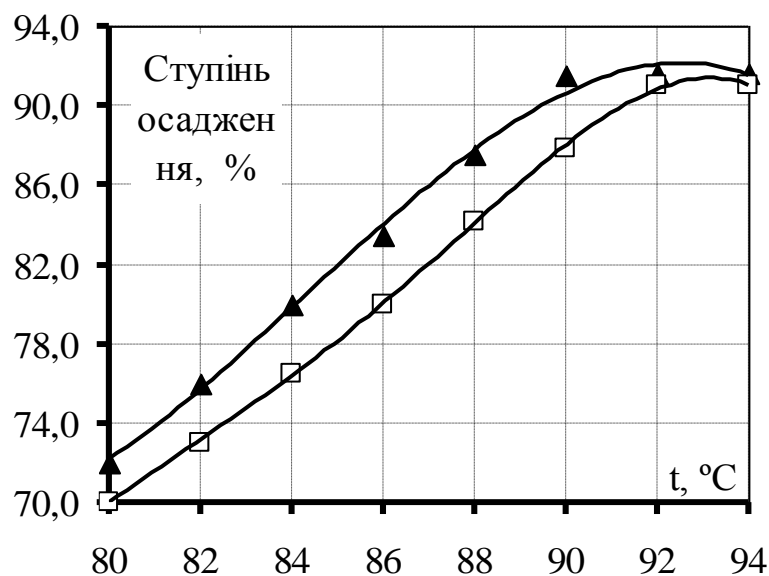


Рисунок 2.11 – Залежність ступеня осадження білкових речовин знежиреного молока від температури обробки, %: —▲—, —□— – композиція знежиреного молока з пюре кизилу та терну відповідно

Таблиця 2.8 – Залежність якісних показників білково-вуглеводних згустків від частки внесеного пюре

Вміст ягідного пюре, %	Білково-вуглеводний згусток											
	Коагулянт – пюре кизилу						Коагулянт – пюре терну					
	рН, од.		Вміст сухих речовин, %	Консистенція	Колір	Смак та запах	рН, од.		Вміст сухих речовин, %	Консистенція	Колір	Смак та запах
	згусток	сироватка					згусток	сироватка				
1,5	6,80 ±0,01	6,30 ±0,01	26,3 ±0,1	Крихка, не однорідна	Біло-молочний	Не виражені	6,92 ±0,01	6,35 ±0,01	25,1 ±0,1	Не властива	Біло-молочний	Не виражені
2,0	6,77 ±0,01	6,26 ±0,01	29,0 ±0,1	Однорідна пластична	Блідо-рожевий	Чисто молочний з легким запахом пастеризації	6,85 ±0,01	6,32 ±0,01	27,3 ±0,1	Крихка, не однорідна	Блідо-рожевий	Чисто молочний з легким запахом пастеризації
2,5	6,70 ±0,01	6,18 ±0,01	30,5 ±0,1	Ніжна, однорідна, пластична, мазеподібна	Рожево-біло-молочний	Молочний з легким запахом пастеризації	6,81 ±0,01	6,25 ±0,01	29,0 ±0,1	Ніжна, однорідна, пластична	Рожево-біло-молочний	Молочний з легким запахом пастеризації
3,0	6,66 ±0,01	6,12 ±0,01	35,5 ±0,1	Ніжна, однорідна, пластична, мазеподібна	Рожево-біло-молочний	Молочний з легким запахом пастеризації	6,73 ±0,01	6,20 ±0,01	32,6 ±0,1	Однорідна, пластична, мазеподібна	Рожево-біло-молочний	Молочний з легким запахом пастеризації
3,5	6,54 ±0,01	6,01 ±0,01	36,2 ±0,1	Щільна	Рожевий	Молочно-ягідний з легким запахом пастеризації	6,62 ±0,01	6,12 ±0,01	33,4 ±0,1	Однорідна, пластична, мазеподібна	Рожево-біло-молочний	Молочний з легким запахом пастеризації

З наведеного на рис. 2.11 графіку видно, що температура істотно впливає на ступінь виділення білкових речовин. Так, при підвищенні температури з 80°C до 94°C ступінь виділення білкових речовин збільшується на 27,22% та 30,01% для композицій з пюре кизилу та терну відповідно.

Найбільший ступінь осадження білкових речовин знежиреного молока спостерігається в межах 90...94°C. Однак, температура більше 93°C є критичною для початку реакції меланоїдіноутворення, руйнування сірувміщуючих амінокислот, що супроводжується втратою –SH-груп та появою запаху і присмаку пастеризації, та втратою триптофану.

Слід відзначити, що температури в діапазоні, який досліджується, не мають помітного впливу на рН білково-вуглеводних згустків та на органолептичні показники. Лише згустки, що отримані при температурі осадження 94°C, через найбільший вміст сухих речовин набувають властивого для даного виду ягідної сировини присмаку.

Підвищення температури осадження суттєво впливає на вологозв'язуючу здатність готового згустку. Так, при температурі 80°C вологість згустків становить $80,1 \pm 0,1\%$ та $79,5 \pm 0,1\%$, а при температурі 94°C – $68,3 \pm 0,1\%$ та $67,14 \pm 0,1\%$ для композицій з пюре кизилу та терну відповідно. При цьому консистенція змінюється з дрібкої (при 80°C) до щільної і крупинчастої (при 94°C). За температури осадження 90...92°C білкові згустки мають пластичну однорідну структуру без крупинчатості (табл. 2.9).

Зниження вологості при підвищенні температури, на нашу думку, пов'язане з денатурацією білків та ущільненням білкового гелю, що супроводжується випресовуванням вологи зі структури полімерів білково-вуглеводного згустку. Зміна структурно-механічних властивостей згустків від температури осадження відображається в збільшенні їх в'язкості (рис. 2.12). В якості контролю використовували нежирний кисломолочний сир, що отримували термокислотним методом. Готовий сир гомогенізували та доводили його вологість до $70,0 \pm 0,2\%$.

Таблиця 2.9 – Вплив температури осадження на якісні показники білково-вуглеводних згустків

Температура осадження, °С	Білково-вуглеводний згусток							
	Коагулянт – пюре кизилу				Коагулянт – пюре терну			
	Вологість, %	Консистенція	Колір	Смак та запах	Вологість, %.	Консистенція	Колір	Смак та запах
80±1	80,1 ±0,1	Не властива, дрібка	Біло-молочний	Не виражені	79,5 ±0,1	Не властива, дрібка	Біло-молочний	Не виражені
88±1	74,8 ±0,1	Крупинчаста, не однорідна	Рожево-біломолочний	Молочний з легким запахом пастеризації	74,2 ±0,1	Крупинчаста, не однорідна	Рожево-біломолочний	Молочний з легким запахом пастеризації
90±1	72,1 ±0,1	Ніжна, однорідна, пластична	Рожево-біломолочний	Молочний з легким запахом пастеризації	71,6 ±0,1	Ніжна, однорідна, пластична	Рожево-біломолочний	Молочний з легким запахом пастеризації
92±1	69,5 ±0,1	Ніжна, однорідна, пластична	Рожево-біломолочний	Молочний з легким запахом пастеризації	67,4 ±0,1	Ніжна, однорідна, пластична	Рожево-біломолочний	Молочний з легким запахом пастеризації
94±1	68,3 ±0,1	Щільна, крупинчаста, резиноподібна	Рожево-біломолочний	Молочноягідний з легким запахом пастеризації	67,1 ±0,1	Щільна, крупинчаста, резиноподібна	Рожево-біломолочний	Молочноягідний з легким запахом пастеризації

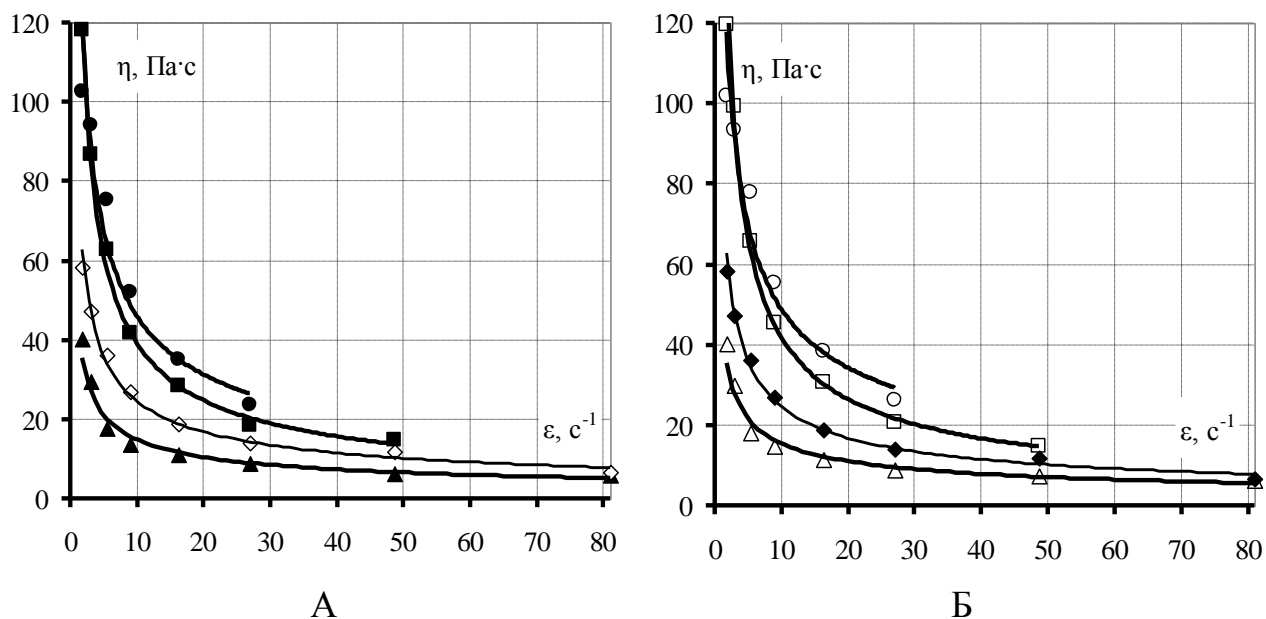


Рисунок 2.12 – Залежність ефективної в'язкості (η) від швидкості зсуву (ϵ) композиції знежиреного молока з пюре кизилу (А) та композиції з пюре терну (Б):

- ▲—, —△— — за температури осадження 80°C;
- , —□— — за температури осадження 92°C;
- , —○— — за температури осадження 94°C;
- ◇—, —◆— — контроль (гомогенізований нежирний кисломолочний сир з вологістю 70,0±0,2%)

Дослідження показали, що з підвищенням температури осадження, що супроводжується зниженням вологості та ущільненням білкового гелю, ефективна в'язкість для обох видів згустку зростає. При цьому, для згустків з пюре кизилу та терну, що отримані за температури осадження 92°C, в'язкість за швидкості зсуву 1,8 с⁻¹ становить 118,0 Па·с та 119,8 Па·с відповідно. А для згустків, які отримані за температури осадження 94°C, в'язкість за тієї ж швидкості становить відповідно 102,6 Па·с та 101,9 Па·с, що вказує на зменшення білково-вуглеводної взаємодії внаслідок денатурації білків.

При більших значеннях швидкості зсуву в'язкість згустків, що отримані за температури осадження 94°C, на 18,24...30,05% вище, порівняно з в'язкістю згустків, що отримані за температури осадження 92°C. Ці дані корелюють з вологістю згустків та їх консистенцією.

Ефективна в'язкість контролю значно нижча за в'язкість згустків з температурою осадження 92...94°C, що, пов'язано з наявністю в останніх пектинових речовин та стабілізуючою дією білково-вуглеводних комплексів.

Низькі структурно-механічні властивості згустків, що отримані за температури осадження 80°C, можна пояснити їх високою вологістю і, як наслідок, низьким ступенем взаємодії між білковими частками.

Таким чином, раціональною температурою осадження є $92\pm 1^\circ\text{C}$, при якій ступінь осадження білкових речовин знежиреного молока становить 91,6% та 91,0% для композицій з пюре кизилу та терну відповідно.

На наступному етапі досліджували вплив тривалості витримки композицій ЗМ з коагулянтном при температурі осадження $92\pm 1^\circ\text{C}$ на ступінь осадження білкових речовин (рис. 2.13).

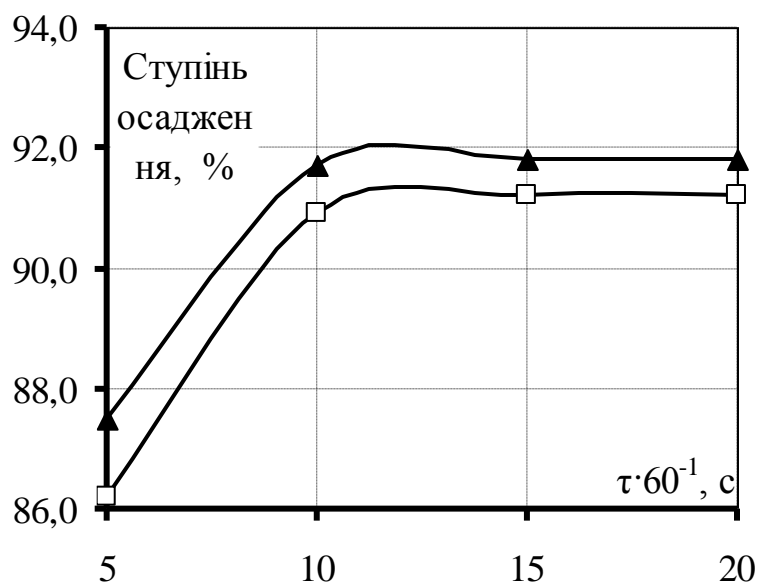


Рисунок 2.13 – Залежність ступеня осадження білкових речовин ЗМ від тривалості витримки при температурі $92\pm 1^\circ\text{C}$, %: \blacktriangle , \square – композиція ЗМ з пюре кизилу, терну

Як видно з рис. 2.13, зі збільшенням тривалості витримки композицій ступінь виділення білкових речовин збільшується, і досягає максимального значення при тривалості процесу (10...15)·60 с для композиції з пюре кизилу та 15·60 с для композиції з пюре терну. При подальшому витримуванні

впродовж 20·60 с ступінь виділення білкових речовин збільшується всього на 0,3% та 0,2% для композицій з пюре кизилу та терну відповідно.

Для перевірки адекватності отриманих режимів модифікованого способу осадження білкових речовин знежиреного молока досліджували хімічний склад сироватки, що вивільнюється (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Хімічний склад сироватки, що вивільнюється при модифікованому способі осадження білкових речовин знежиреного молока, та контролю, ($\alpha \leq 0,02$)

Найменування показника	Зразок сироватки		Контроль	
	Коагулянт – пюре кизилу	Коагулянт – пюре терну	Сироватка з кисломолочного сиру	Сироватка з копреципітату
	Масова частка, %			
Суша речовина, в тому числі:	7,58	7,61	6,20	5,5
Протеїн сирий, в т.ч.:	0,51	0,58	0,80	0,4
білок	0,30	0,30	0,52	-
небілкові сполуки	0,21	0,28	0,28	-
Жир	0,01	0,01	0,30	-
Вуглеводи	6,18	6,19	4,7	4,7
Сухий знежирений молочний залишок	7,57	7,60	5,90	-

Отримані дані засвідчують, що розроблений модифікований спосіб осадження за ступенем використання білкових речовин ЗМ знаходиться між способом хлоркальцієвої копреципітації та способом термокислотної коагуляції.

У результаті проведених експериментальних досліджень, для максимального використання білкових речовин знежиреного молока та отримання білково-вуглеводного згустку (БВЗ) з найкращими показниками якості були обґрунтовані наступні режими модифікованого способу осадження білкових речовин знежиреного молока за допомогою рослинної сировини: температура пастеризації знежиреного молока – 91...93°C впродовж 10·60 с, наступне охолодження знежиреного молока до 80...82°C, внесення 2,5% пюре кизилу або 3,0% пюре терну з температурою 80...82°C, коагуляція при температурі 92±1°C впродовж (10...15)·60 с, охолодження до

температури 12...14°C, відфільтровування згустку та самопресування впродовж (20...30)·60с.

На наступному етапі проводили дослідження з оптимізації отриманих режимів модифікованого способу осадження білкових речовин знежиреного молока. З цією метою використовували математичний метод повного факторного експерименту (ПФЕ 2³) [134-136].

Попередні дослідження дозволили визначити параметр оптимізації – ступінь комплексного осадження ($D_{\text{ко}}$) білкових речовин знежиреного молока (y , %), фактори оптимізації – частка внесення пюре (x_1 , %), температура осадження білкових речовин (x_2 , °C) та тривалість витримки композиції при температурі осадження (x_3 , · 60 с). Тобто, оптимізацією процесу осадження білкових речовин знежиреного молока є пошук залежності $y = f(x_1, x_2, x_3)$. Для трифакторного експерименту поверхня відгуку описується рівнянням регресії, що має вигляд [135]:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^k b_{ij} x_i x_j + b_{123} x_1 x_2 x_3, \quad (2.5)$$

Обраний параметр оптимізації відповідає всім вимогам, що висуваються до нього, область визначення параметру оптимізації є безперервною та обмеженою інтервалом 0...100%.

Визначені фактори є кількісними, керованими та однозначними. Для завдання факторів необхідно встановити області їх визначення. Для вибору областей визначення факторів використовували апріорні дані, що були отримані попередніми дослідженнями. Так, область визначення фактору x_1 (частка внесення пюре кизилу) знаходиться в межах 1,5...3,5%, область визначення фактору x_2 (температура осадження білкових речовин) – 90...92°C, область визначення фактору x_3 (тривалість витримки композиції при температурі осадження) – (10...15)·60 с. Нульові (основні) рівні факторів будуть дорівнювати: $x_1 - 2,5\%$; $x_2 - 91^\circ\text{C}$; $x_3 - 12,5 \cdot 60$ с. Інтервали варіювання факторів: $x_1 - 1,0\%$; $x_2 - 1,0^\circ\text{C}$; $x_3 - 2,5 \cdot 60$ с.

При використанні пюре терну як коагулянту області визначення мають наступний вигляд: область визначення фактору x_1 знаходиться в межах 2,0...4,0%, фактору x_2 – 91...93°C, фактору x_3 – (12,5...17,5)·60 с. Нульові рівні факторів будуть дорівнювати x_1 – 3,0%; x_2 – 92°C; x_3 – 15·60 с. Інтервали варіювання факторів: x_1 – 1,0%; x_2 – 1,0°C; x_3 – 2,5·60 с.

Для спрощення запису умов експерименту та обробки даних проводили кодування значень факторів так, щоб верхній рівень відповідав «+1», основний – «0», а нижній – «-1». Отримані результати занесені до табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Области визначення, інтервали варіювання та рівні факторів варіювання

Фактори варіювання	Область визначення фактору	Інтервал варіювання, Δx_j	Рівні факторів варіювання		
			нижній (-1)	основний (0)	верхній (+1)
Коагулянт – пюре кизилу					
$x_1, \%$	1,5...3,5	1,0	1,5	2,5	3,5
$x_2, ^\circ\text{C}$	90...92	1,0	90	91	92
$x_3, \cdot 60 \text{ с}$	10...15	2,5	10,0	12,5	15,0
Коагулянт – пюре терну					
$x_1, \%$	2,0...4,0	1,0	2,0	3,0	4,0
$x_2, ^\circ\text{C}$	91...93	1,0	91	92	93
$x_3, \cdot 60 \text{ с}$	12,5...17,5	2,5	12,5	15,0	17,5

На основі проведених розрахунків будували матрицю ПФЕ 2^3 для композицій з пюре кизилу (табл. 2.12) та пюре терну (табл. 2.13).

Таблиця 2.12 – Матриця планування ПФЕ 2^3 (коагулянт – пюре кизилу)

Номер досліду	Фактори варіювання					
	x_1	x_2	x_3	$x_1, \%$	$x_2, ^\circ\text{C}$	$x_3, \cdot 60 \text{ с}$
	Кодоване значення фактору			Натуральне значення фактору		
1	+1	+1	+1	3,5	92	15
2	-1	+1	+1	1,5	92	15
3	+1	-1	+1	3,5	90	15
4	-1	-1	+1	1,5	90	15
5	+1	+1	-1	3,5	92	10
6	-1	+1	-1	1,5	92	10
7	+1	-1	-1	3,5	90	10
8	-1	-1	-1	1,5	90	10

Таблиця 2.13 – Матриця планування ПФЕ 2^3 (коагулянт – пюре терну)

Номер досліджу	Фактори варіювання					
	x_1	x_2	x_3	$x_1, \%$	$x_2, ^\circ\text{C}$	$x_3, \cdot 60 \text{ c}$
	Кодоване значення фактору			Натуральне значення фактору		
1	+1	+1	+1	4,0	93	17,5
2	-1	+1	+1	2,0	93	17,5
3	+1	-1	+1	4,0	91	17,5
4	-1	-1	+1	2,0	91	17,5
5	+1	+1	-1	4,0	93	12,5
6	-1	+1	-1	2,0	93	12,5
7	+1	-1	-1	4,0	91	12,5
8	-1	-1	-1	2,0	91	12,5

Після побудови матриць перевіряли відповідність їх окремих вектор-стовбців таким властивостям, як симетричність та нормування, а сукупності вектор-стовбців таким властивостям, як ортогональність та рототабельність.

Аналіз матриці на відповідність вищезначеним властивостям дозволив зробити висновок, що матриця рототабельна, і для неї виконуються властивості симетричності, нормування, ортогональності. Далі будували матрицю ПФЕ 2^3 з ефектами взаємодії та підбирали математичний апарат.

На наступному етапі було проведено серію дослідів в триразовій відтворюваності. Результати дослідів та їх математико-статистична обробка для композицій з пюре кизилу та терну наведені відповідно в табл. 2.14, 2.15.

Таблиця 2.14 – Результати дослідів та їх математико-статистична обробка (коагулянт – пюре кизилу)

Номер досліджу	y_j			\bar{y}_j	\bar{s}_j^2	\hat{y}_j
	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}			
1	92,1	91,8	91,5	91,8	0,09	91,90
2	89,1	89,5	88,7	89,1	0,16	89,10
3	91,3	91,5	91,4	91,4	0,01	91,35
4	88,4	88,6	88,8	88,6	0,04	88,55
5	91,8	91,4	91,6	91,6	0,04	91,55
6	88,8	88,7	88,9	88,8	0,01	88,75
7	91,5	91,0	90,5	91,0	0,25	91,00
8	88,3	87,9	88,1	88,1	0,04	88,20

Таблиця 2.15 – Результати дослідів та їх математико-статистична обробка (коагулянт – пюре терну)

Номер дослідів	y_j			\bar{y}_j	\bar{S}_j^2	\hat{y}_j
	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}			
1	91,0	91,1	91,5	91,2	0,07	91,18
2	87,3	87,7	87,5	87,5	0,04	87,43
3	91,0	90,5	90,9	90,8	0,07	90,83
4	85,7	87,0	85,9	86,2	0,49	86,28
5	90,9	91,0	91,1	91,0	0,01	91,03
6	86,6	86,5	86,1	86,4	0,07	86,48
7	91,0	90,5	90,6	90,7	0,07	90,68
8	85,3	85,4	85,5	85,4	0,01	85,33

На наступному етапі розраховували коефіцієнти регресії:

$$b_0 = 90,05; b_1 = 1,40; b_2 = 0,275; b_3 = 0,175;$$

$$b_{12} = -0,025; b_{23} = -0,050; b_{31} = -0,025; b_{123} = 0.$$

Потім розраховували дисперсію S^2_j (табл. 3.14) та S^2_y :

$$S^2_y = \frac{0,09 + 0,16 + 0,01 + 0,04 + 0,04 + 0,01 + 0,25 + 0,04}{8} = 0,08.$$

Однорідність дисперсій S^2_j перевіряли за критерієм Кохрана:

$$\sum_{i=1}^k S_i^2 = 0,64, \max S_i^2 = 0,25, g = \frac{0,25}{0,64} = 0,391. \text{ Знаходили } g_{0,95}(8, 3) = 0,615.$$

Так як $g = 0,391 < g_{0,95}(8, 3) = 0,615$, нульова гіпотеза не відхиляється.

Розраховували дисперсію коефіцієнтів регресії:

$$S^2_{b_i} = \frac{0,08}{8 \cdot (3-1)} = 0,005, S_{b_i} = 0,071.$$

При $\alpha = 0,95$ підбирали $t_{\frac{1+\alpha}{2}} = t_{0,975}$ при $f = n(m-1) = 8 \cdot (3-1) = 16$

ступенях свободи, що дорівнює $t_{0,975}(16) = 2,12$.

Розраховували статистики Ст'юдента для коефіцієнтів моделі:

$$t_0 = 1268,31; t_1 = 19,72; t_2 = 3,87; t_3 = 2,46; t_{12} = 0,35; t_{23} = 0,70; t_{31} = 0,35; t_{123} = 0.$$

Робили висновок про значимість коефіцієнту b_i :

$$t_{12} = 0,35; t_{23} = 0,70; t_{31} = 0,35; t_{123} = 0 < t_{0,975}(16) = 2,12 < t_0 = 1268,31; t_1 = 19,72; t_2 = 3,87;$$

$$t_3 = 2,46.$$

Таким чином, коефіцієнти b_{12} , b_{23} , b_{31} , b_{123} є незначущими. Тоді рівняння регресії приймає вигляд:

$$y = 90,05 + 1,40 \cdot x_1 + 0,275 \cdot x_2 + 0,175 \cdot x_3, \quad (2.6)$$

Розраховували \hat{y}_j (табл. 2.14) та $\sum_{j=1}^8 (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 = 0,03$. Кількість значимих коефіцієнтів d поліному дорівнює $d=8-4=4$, а

$$S^2 = \frac{m}{n-d} \sum_{j=1}^n (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 = \frac{3 \cdot 0,03}{8-4} = 0,0225.$$

На наступному етапі встановлювали адекватність моделі порівнянням дисперсій S^2 та S_y^2 за допомогою критерію Фішера: $F = \frac{0,0225}{0,08} = 0,28$.

В натуральних змінних рівняння (2.6) має вигляд:

$$\begin{aligned} y &= 90,05 + 1,40 \cdot \left(\frac{x_1 - 2,5}{1} \right) + 0,275 \cdot \left(\frac{x_2 - 91}{1} \right) + 0,175 \cdot \left(\frac{x_3 - 12,5}{2,5} \right) = \\ &= 90,05 + 1,40 \cdot (x_1 - 2,5) + 0,275 \cdot (x_2 - 91) + 0,175 \cdot (0,40x_3 - 5). \end{aligned}$$

При розкриванні дужок отримали рівняння:

$$y = 60,65 + 1,40 \cdot x_1 + 0,275 \cdot x_2 + 0,07 \cdot x_3, \quad (2.7)$$

що в натуральному вираженні параметрів приймає вигляд:

$$D_{\text{ко}} = 60,65 + 1,40 \cdot C + 0,275 \cdot t + 4,20 \cdot \tau, \quad (2.8)$$

Для композицій з пюре терну проводили аналогічні розрахунки.

Розраховували коефіцієнти регресії: $b_0 = 88,65$; $b_1 = 2,28$; $b_2 = 0,375$; $b_3 = 0,275$; $b_{12} = -0,20$; $b_{23} = -0,20$; $b_{31} = 0,05$; $b_{123} = 0$. Потім розраховували дисперсію S_j^2 (результати занесені до табл. 2.15) та $S_y^2 = 0,1038$. Однорідність дисперсій S_j^2 перевіряли за критерієм Кохрана: $\sum_{i=1}^k S_i^2 = 0,83$, $\max S_i^2 = 0,49$,

$$g = \frac{0,49}{0,83} = 0,590. \text{ Так як } g = 0,590 < g_{0,95}(8, 3) = 0,615, \text{ нульова гіпотеза не}$$

відхиляється.

Розраховували дисперсію коефіцієнтів регресії:

$$S_{b_i}^2 = \frac{0,1038}{8 \cdot (3-1)} = 0,0065, \quad S_{b_i} = 0,0805.$$

Знаходили статистики Ст'юдента для коефіцієнтів моделі: $t_0 = 1100,89$;
 $t_1 = 28,25$; $t_2 = 4,66$; $t_3 = 3,42$; $t_{12} = 2,48$; $t_{23} = 2,48$; $t_{31} = 0,62$; $t_{123} = 0,31$.

Робили висновок про значимість коефіцієнту b_i :

$$t_{31} = 0,62; t_{123} = 0,31 < t_{0,975}(16) = 2,12 < t_0 = 1100,89; t_1 = 28,25; t_2 = 4,66; t_3 = 3,42; t_{12} = 2,48;$$

$$t_{23} = 2,48.$$

Видно, що коефіцієнти b_{31} , b_{123} є незначущими. Рівняння регресії має вигляд:

$$y = 88,65 + 2,28 \cdot x_1 + 0,375 \cdot x_2 + 0,275 \cdot x_3 - 0,20 \cdot x_1 x_2 - 0,20 \cdot x_2 x_3, \quad (2.9)$$

Розраховували \hat{y}_j (табл. 2.15) та $\sum_{j=1}^8 (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 = 0,025$.

Кількість значимих коефіцієнтів d поліному дорівнює $d = 8 - 2 = 6$, а

$$S^2 = \frac{m}{n-d} \sum_{j=1}^n (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 = \frac{3 \cdot 0,025}{8-6} = 0,0375. \text{ Адекватність моделі встановлювали за}$$

$$\text{допомогою критерію Фішера: } F = \frac{0,0375}{0,1038} = 0,3614.$$

В натуральних змінних рівняння (2.9) має вигляд:

$$y = 88,65 + 2,28 \cdot \left(\frac{x_1 - 3,0}{1} \right) + 0,375 \cdot \left(\frac{x_2 - 92}{1} \right) + 0,275 \cdot \left(\frac{x_3 - 15,0}{2,5} \right) -$$

$$- 0,20 \cdot \left(\frac{x_1 - 3,0}{1} \right) \cdot \left(\frac{x_2 - 92}{1} \right) - 0,20 \cdot \left(\frac{x_2 - 92}{1} \right) \cdot \left(\frac{x_3 - 15,0}{2,5} \right) =$$

$$= 88,65 + 2,28 \cdot (x_1 - 3,0) + 0,375 \cdot (x_2 - 92) + 0,275 \cdot (0,4x_3 - 6) -$$

$$- 0,2 \cdot (x_1 - 3) \cdot (x_2 - 92) - 0,2 \cdot (x_2 - 92) \cdot (0,4x_3 - 6).$$

При розкриванні дужок отримали рівняння:

$$y = -119,94 + 20,68 \cdot x_1 + 2,175 \cdot x_2 + 7,47 \cdot x_3 - 0,20 \cdot x_1 x_2 - 0,08 \cdot x_2 x_3, \quad (2.10)$$

що в натуральному вираженні параметрів приймає вигляд:

$$D_{\text{ко}} = -119,94 + 20,68 \cdot C + 2,175 \cdot t + 448,2 \cdot \tau - 0,20 \cdot C \cdot t - 4,80 \cdot t \cdot \tau. \quad (2.11)$$

Рівняння (2.8) та (2.11) являють собою множинні лінії регресії впливу долі внесеного пюре, температури осадження білкових речовин та тривалості витримки композиції при температурі осадження, а також їх спільний парний вплив на ступінь комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока. Отримані рівняння можуть бути використані для корегування

технологічного процесу осадження з метою покращення якісних характеристик кінцевого продукту.

З метою визначення оптимальних умов проведення технологічного процесу після статистичної обробки отриманих результатів попередніх досліджень проведено експериментальні дослідження за складеною матрицею «крутого сходження» (метод Бокса-Уілсона) [135].

Максимальний ступінь осадження білкових речовин знежиреного молока при внесенні пюре кизилу досягається за координат точок $x_1 = 3,30$, $x_2 = 91,16$, $x_3 = 12,75$.

Для композицій з пюре терну проводили аналогічні розрахунки. Максимальний ступінь комплексного виділення білкових речовин знежиреного молока при внесенні пюре терну досягається за значень координат точок $x_1 = 3,80$, $x_2 = 92,13$, $x_3 = 15,23$.

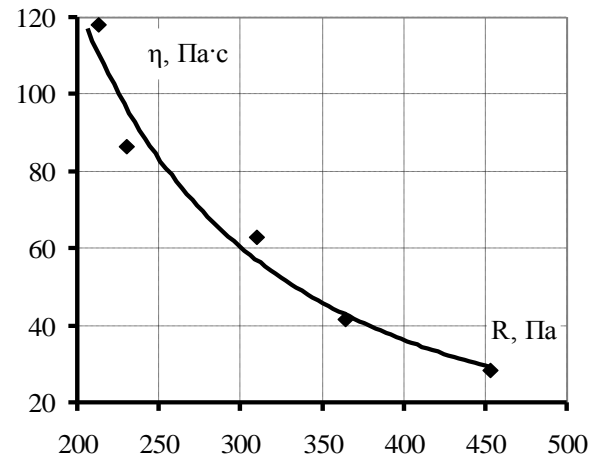
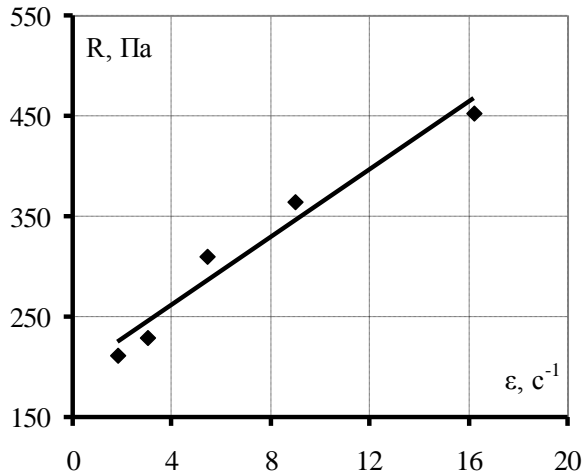
Таким чином, результати досліджень дозволили визначити оптимальні технологічні параметри комплексного осадження білкових речовин знежиреного молока, що склали:

- коагулянт – пюре кизилу: частка внесення пюре кизилу – 3,3%, температура осадження білкових речовин – 91,2°C, тривалість витримки композиції при температурі осадження – 12,8·60 с;

- коагулянт – пюре терну: частка внесення пюре терну – 3,8%, температура осадження білкових речовин – 92,1°C, тривалість витримки композиції при температурі осадження – 15,2·60 с.

За таких режимів осадження БВЗ легко піддаються протиранню. При збиванні протерта маса проявляє певну поверхневу активність, порівняно з нежирним кисломолочним сиром, що зумовлено наявністю сироваткового альбуміну та деяких інших білків, а також відзначається помітна стабільність збитої структури, завдяки вмісту пектинових речовин.

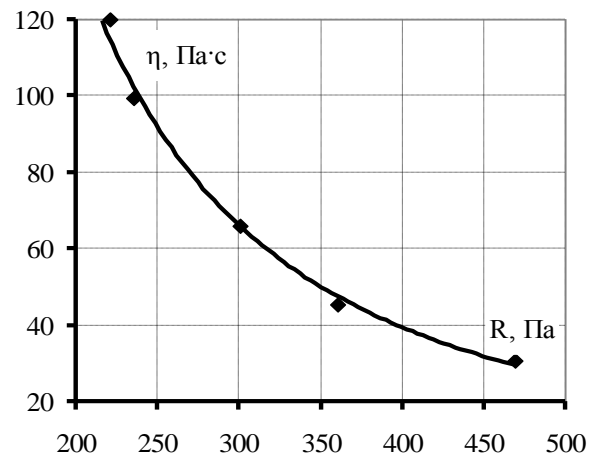
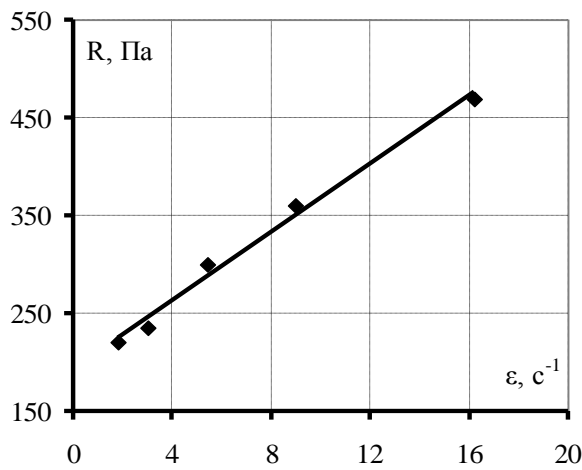
Досліджували структурно-механічні характеристики БВЗ, що отримані за оптимальних параметрів (рис. 2.14 – 2.16). В якості контролю використовували нежирний кисломолочний сир.



А

Б

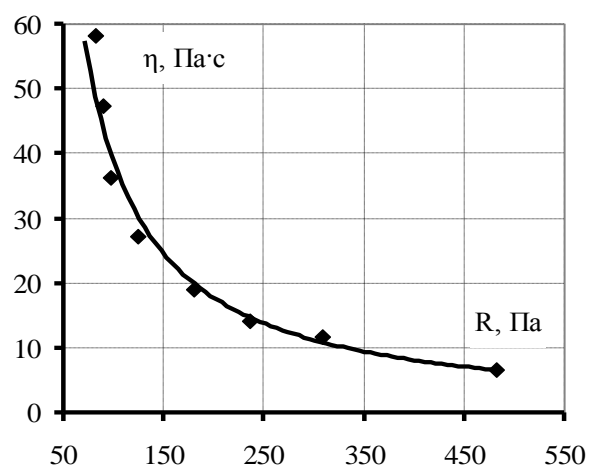
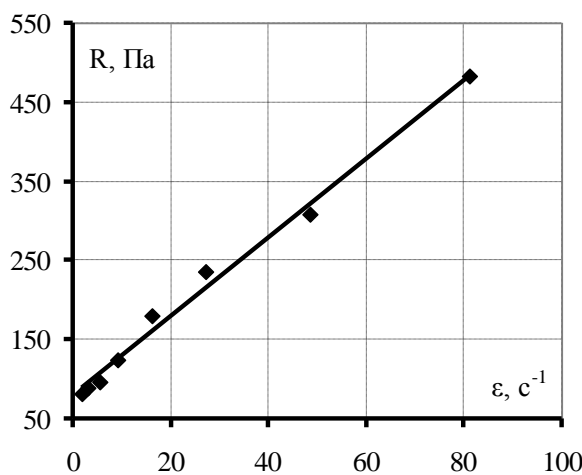
Рисунок 2.14 – Реологічні криві (А – течії, Б – ефективної в'язкості) кизилового БВЗ



А

Б

Рисунок 2.15 – Реологічні криві (А – течії, Б – ефективної в'язкості) тернового БВЗ



А

Б

Рисунок 2.16 – Реологічні криві (А – течії, Б – ефективної в'язкості) нежирного кисломолочного сиру (контроль)

На рисунках 2.14 – 2.16 криві течії, що відображають взаємозв'язок між напругою зсуву та швидкістю зсуву, описуються рівнянням зсуву в'язкопластичної рідини, що за умови ($y = R$, $x = \varepsilon$) має вигляд

для кизилового БВЗ:

$$y = 194,930 + 16,798 \cdot x, R^2=0,986, \quad (2.12)$$

для тернового БВЗ:

$$y = 193,84 + 17,404 \cdot x, R^2=0,989, \quad (2.13)$$

для контролю:

$$y = 79,718 + 4,991 \cdot x, R^2=0,992. \quad (2.14)$$

З отриманих рівнянь зсуву для кожного зразка розраховували додаткові реологічні параметри, що дозволяють характеризувати їх в'язкісні та міцнісні властивості (табл. 2.16).

Таблиця 2.16 – Реологічні характеристики зразків

Зразок	В'язкісні характеристики, Па·с			Міцнісні характеристики, Па	
	η_{max}	$\eta_{пл}$	$\eta_{пл}^*$	R_0	R_1
Кизиловий БВЗ	118,04	0,95	17,25	190,3	201,8
Терновий БВЗ	120,03	0,97	22,53	195,9	209,3
Контроль	45,07	0,28	4,99	75,2	79,7

З табл. 2.16 та рис. 2.14 – 2.16 видно, що БВЗ за рахунок вмісту рослинної складової, як джерела пектину, та за рахунок утворення білково-вуглеводних комплексів, мають значно вищі структурно-механічні властивості.

Максимальна в'язкість η_{max} , що виміряна при мінімальній силі впливу на систему ($\varepsilon = 1,8 \text{ c}^{-1}$) у БВЗ в 2,62...2,66 рази вище за даний показник для контролю.

Пластична в'язкість $\eta_{пл}$, що розраховується з реологічної кривої та визначає в'язкість практично зруйнованої структури БВЗ, порівняно з контролем, вище в 3,39...3,46 рази. Пластична в'язкість на ділянці повзучості $\eta_{пл}^*$, що визначає в'язкість практично незруйнованої структури, у БВЗ в 3,46...4,52 рази вища за аналогічний показник у контролю.

Поряд зі зростанням в'язкості в зразках спостерігається підвищення міцності. Так, початкова напруга зсуву R_0 , що визначає зусилля, за якого система гранично руйнується, та напруга зсуву на ділянці повзучості R_L , що визначає зусилля, за якого система починає руйнуватися, у БВЗ в 2,53...2,63 рази вищі, ніж у контролю.

Наведені дані достовірно підтверджують, що внесення рослинної добавки призводить до значного підвищення в'язкісних та міцнісних характеристик зразків, що, на нашу думку, може бути пояснено зміцненням просторового каркасу внаслідок білково-вуглеводного комплексоутворення. Також, значний вплив на механічну стійкість зразків мають контактуючі між собою інертні тверді частки рослинної тканини, що містяться в пюре ягід.

Отриманий БВЗ як основа напівфабрикату для збитої десертної продукції має ряд переваг перед іншими молочно-білковими концентратами:

- відсутність осаджуючих речовин хімічної природи;
- нижча титрована та підвищена активна кислотність;
- відсутність вираженого кисломолочного смаку та запаху;
- низький вміст молочного жиру.

2.1.5 Дослідження процесу активації функціонально-технологічних властивостей білково-вуглеводного згустку

Згідно сформульованої гіпотези для реалізації поверхнево-активних властивостей білкових речовин БВЗ необхідно забезпечити умови їх переведення в розчинний стан. Активацію ФТВ білкових речовин можна забезпечити за умови максимального вивільнення їх з форми інертного ККФК, що забезпечує розчинність казеїну та вивільнення із комплексу іонів кальцію. Відомо [13], що декальціонування ККФК можна досягти зміщенням значень активної кислотності від ізоелектричної зони молочних білків за температур 40...90°C, при цьому проявляються поверхнево-активні властивості білків та збільшується вологоутримуюча здатність згустку.

В якості регулятора кислотності обрано харчову добавку вітчизняного виробництва «Біофос 90», що складається з рівних частин пірофосфату (Е 450) та трифосфату (Е 451) натрію. За рекомендаціями фірми-виробника частка внесення добавки для більшості продуктів харчування становить 0,3...0,6%.

Для встановлення раціонального вмісту добавки для процесу активації білкових речовин БВЗ враховували затвердженні МОЗ України норми по застосуванню харчових добавок [137], що обмежують застосування фосфатів для десертів не більше 3000 мг/кг, а також органолептичні властивості кінцевого продукту (напівфабрикату для десертної продукції).

Враховуючи те, що частка БВЗ в напівфабрикаті та в готовій продукції буде складати 60...70%, на стадії активації білкових речовин згустку частка харчової добавки може досягати 10000 мг/кг, тобто 1,00%.

Для встановлення впливу добавки на органолептичні показники проводили дегустаційну оцінку систем, що за складом моделюють готовий напівфабрикат. При цьому було встановлено, що внесення добавки значним чином впливає на смак систем, який набуває лужного характеру за вмісту добавки 1,00%, а при вмісті 1,15% з'являється виражений лужний смак та присмак гіркоти.

Таким чином, враховуючи вищевикладені дані, раціональним вмістом добавки «Біофос 90» є 0,60...1,00%.

Декальціонування здійснювали термообробкою БВЗ з додаванням визначених концентрацій добавки «Біофос 90» в середовищі спорідненої для виду згустку сироватки. Необхідність залучення сироватки для термообробки згустку обумовлена необхідністю створення умов для рівномірного розповсюдження фосфатів по об'єму, запобігання локальних перегрівів білкових речовин біля поверхні теплового обладнання з-за випаровування вологи під час теплової обробки. При цьому, також реалізується принцип безвідходності виробництва.

Співвідношення згустку та сироватки встановлювали експериментальним шляхом за консистенцією термообробленого згустку. Раціональна консистенція термообробленого згустку для наступного диспергування повітря спостерігається при співвідношенні білково-вуглеводний згусток:сироватка як 80:20.

Температура обробки була зафіксована на рівні $80 \pm 2^\circ\text{C}$, що відповідає теоретичним даним [13] та є раціональною згідно споріднених досліджень науковців ХДУХТу [89, 138]. Критерієм процесу декальціонування ККФК та накопичення водорозчинних білкових речовин нами визначено величину поверхневого натягу. Для цього після термообробки згусток центрифугували, відбирали надосадовий розчин та визначали його поверхневий натяг. В результаті досліджень (рис. 2.17) встановлено, що динаміка накопичення поверхнево-активних речовин для обох видів згустку однакова. Різницю в значеннях поверхневого натягу для рівнозначних систем на основі кизилового та тернового БВЗ можна пояснити різною початковою активною кислотністю згустків, яка становить $6,34 \pm 0,01$ од. та $6,43 \pm 0,01$ од. відповідно.

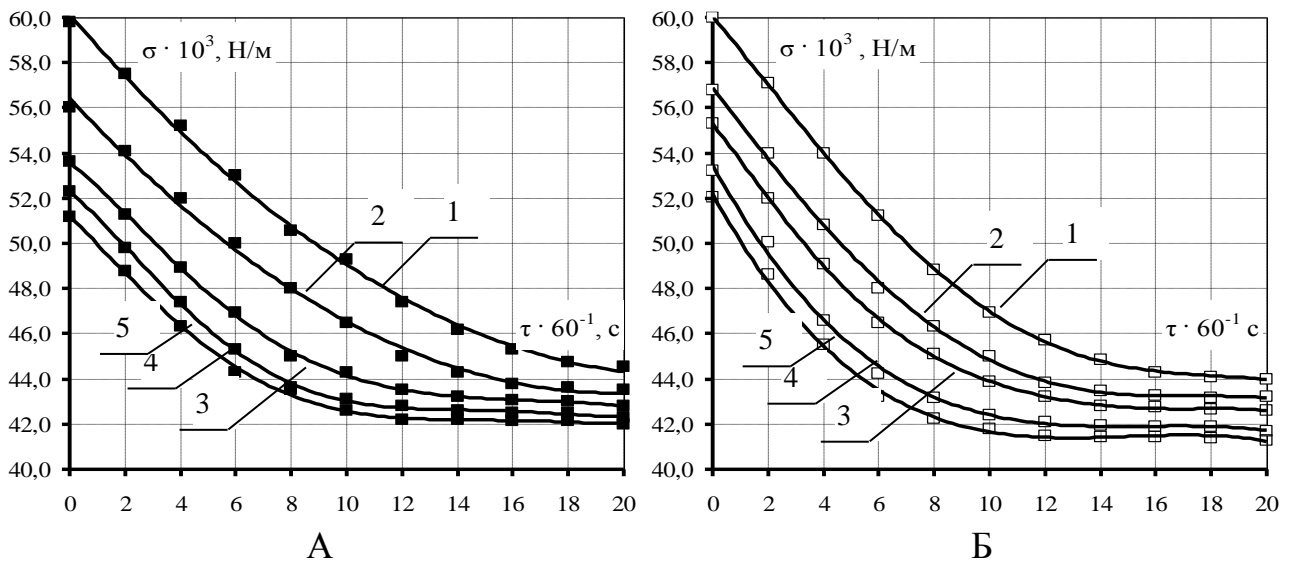


Рисунок 2.17 – Залежність поверхневого натягу розчину кизилового (А) та тернового (Б) БВЗ від тривалості теплової обробки та концентрації фосфату, Н/м:

1 – за концентрації фосфату 0,60%; 2 – 0,70%; 3 – 0,80%; 4 – 0,90%; 5 – 1,00%

З рис. 2.17 видно, що за обраної температури максимальне зниження поверхневого натягу розчину кизилового та тернового БВЗ досягається за концентрації «Біофос 90» 0,90% та 1,00%, і відповідно становить $(42,42) \cdot 10^{-3}$ Н/м та $(42,13) \cdot 10^{-3}$ Н/м, $(41,70) \cdot 10^{-3}$ Н/м та $(41,35) \cdot 10^{-3}$ Н/м. Однак, внаслідок наявності в системах з концентрацією добавки 1,00% лужного присмаку, ця концентрація не є бажаною для застосування.

Час теплової обробки впродовж $(10 \dots 12) \cdot 60$ с суттєво впливає на зниження поверхневого натягу. Подальша тепла обробка обох згустків впродовж $(12 \dots 20) \cdot 60$ с зменшує значення поверхневого натягу лише на 0,12...0,95%.

Таким чином, для накопичення розчинного білка, як поверхнево-активної речовини, раціональними параметрами термообробки згустків при температурі $80 \pm 2^\circ\text{C}$ слід вважати концентрацію добавки $0,90 \pm 0,01\%$, тривалість процесу $(10 \dots 12) \cdot 60$ с.

2.1.6 Дослідження структурно-механічних та фізико-хімічних показників композицій на основі білково-вуглеводного згустку

На основі отриманого БВЗ з модифікованими ФТВ при додаванні модифікованих ягідних пюре можливо отримати напівфабрикат для ЗДП.

Згідно до інноваційної стратегії білки БВЗ повинні виконувати роль ПАР, тому визначали раціональну зону рН, в котрій максимально реалізуються поверхнево-активні властивості модифікованих білків БВЗ. Попередніми дослідженнями встановлено, що гранично допустиме співвідношення БВЗ та ягідного пюре становить 50:50, при цьому, рН суміші знаходиться в межах 5,2...5,6 од. Тому нижню границю інтервалу рН, що досліджувався, обмежували 5,2 од (рис. 2.18).

З рис. 2.18 видно, що максимальна реалізація поверхнево-активних властивостей 1% розчину БВЗ спостерігається в межах рН середовища 6,7...6,1 од., в цьому діапазоні поверхневий натяг збільшується лише на 2,62% та 2,81% для кизилового та тернового БВЗ відповідно. При

подальшому зниженні рН поверхневий натяг стрімко збільшується, і при 5,2 од. має значення $52,50 \cdot 10^{-3}$ Н/м та $54,01 \cdot 10^{-3}$ Н/м для кизилового та тернового БВЗ відповідно, що на 25,01% та 26,70% більше, ніж при рН 6,7. Втрату поверхнево-активних властивостей БВЗ при зниженні активної кислотності можна пояснити утворенням внутрішньо молекулярних білково-вуглеводних комплексів.

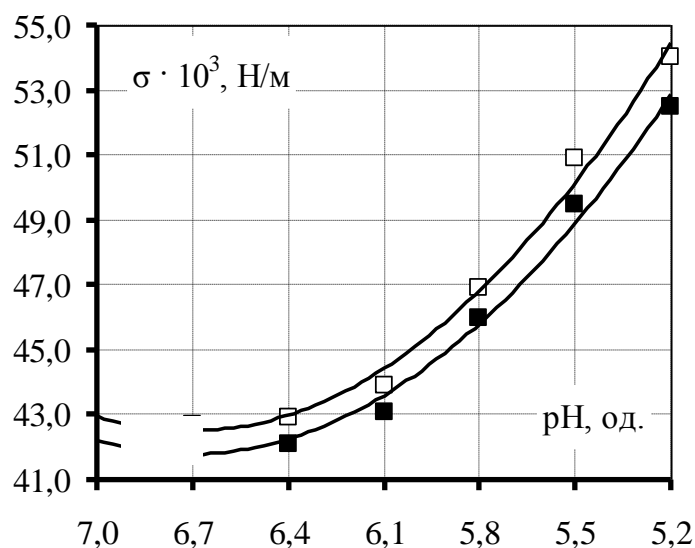


Рисунок 2.18 – Залежність поверхневого натягу 1% розчину БВЗ від рН середовища: ■, □ – поверхневий натяг кизилового та тернового БВЗ відповідно

Таким чином, рН композицій БВЗ з модифікованими ягідними пюре для максимальної реалізації поверхнево-активних властивостей білкових речовин не повинно бути меншим за 6,1 од.

При встановленні раціонального співвідношення БВЗ та ягідних пюре досліджували ПУЗ, СП, активну кислотність композицій та поверхневий натяг 1% розчину цих композицій (рис. 2.19). Для запобігання незворотних реакцій утворення пектату кальцію та білково-вуглеводних комплексів, змішування складників проводили при температурах не вище 70°C , за якої не відбувається їх хімічна взаємодія. Композиції нагрівали до температури $80\text{...}82^{\circ}\text{C}$, за якої складаються умови для комплексоутворення, охолоджували та збивали.

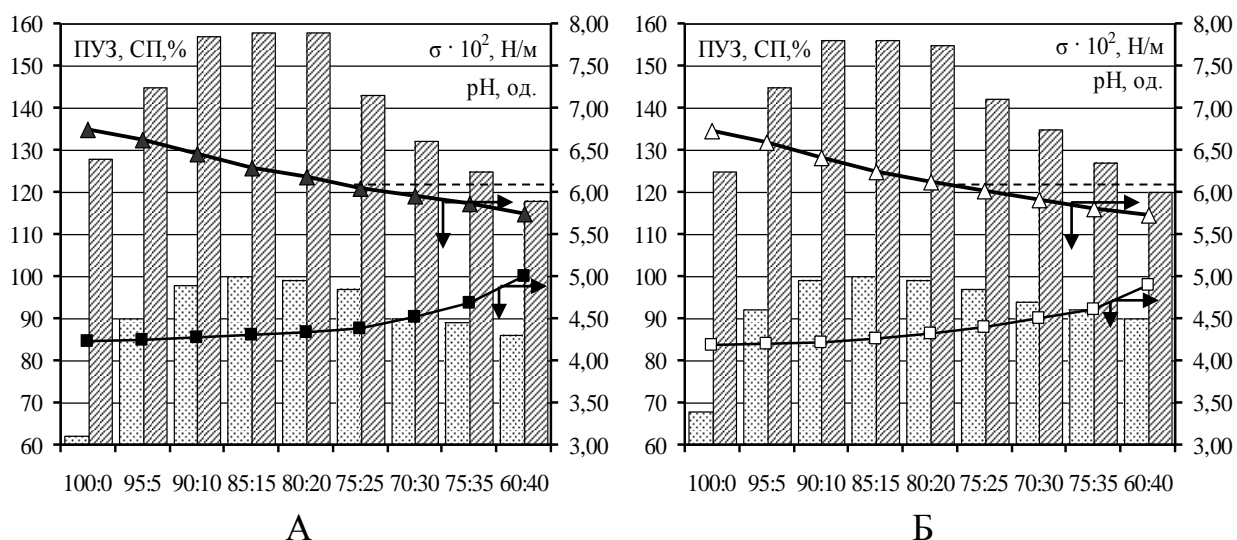


Рисунок 2.19 – Залежність структурно-механічних та фізико-хімічних показників композицій від співвідношення складників:

А – композиція з пюре кизилу, Б – композиція з пюре терну;

■, □ – відповідно піноутворювальна здатність та стійкість піни;

—■—, —□— – поверхневий натяг 1% розчину композицій;

—▲—, —△— – рН композицій

Аналіз рис. 2.19 показує, що для обох напівфабрикатів максимальні значення ПУЗ та СП спостерігаються в композиціях з 10...20% вмістом модифікованого ягідного пюре. За таких концентрацій пюре відбувається зниження рН на 0,56...0,61 од., що викликає підвищення поверхневого натягу лише $1,20 \cdot 10^{-3}$ Н/м та $1,40 \cdot 10^{-3}$ Н/м для композицій з пюре кизилу та терну відповідно. При цьому забезпечується максимальна реалізація поверхневих властивостей молочних білків, що відбивається у збільшенні ПУЗ відповідно на 57,2% та 56,1%.

Також, додавання до БВЗ ягідних пюре викликає зміну реологічних характеристик композицій. Ефективна в'язкість за швидкості зсуву $1,8 \text{ с}^{-1}$ композицій з 20% вмістом пюре кизилу та терну знижується відповідно в 2,49 та 2,83 рази, порівняно з в'язкістю БВЗ без додавання пюре (табл. 2.17).

Таблиця 2.17 – Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву композицій БВЗ з пюре

Швидкість зсуву, с ⁻¹	Ефективна в'язкість, Па·с					
	Композиція зі співвідношенням кизилового БВЗ до пюре кизилу					
	100:0	90:10	85:15	80:20	75:25	70:30
1,8	118,0	99,0	75,1	47,3	44,8	40,0
3,0	86,6	79,7	51,5	32,2	29,9	24,6
5,4	62,9	59,9	30,0	22,7	20,3	16,6
9,0	41,6	40,5	20,8	16,3	15,8	12,9
16,2	28,6	26,6	12,4	11,5	10,9	9,3
27,0	18,3	17,9	8,9	8,4	7,8	6,9
48,6	-	11,4	6,2	5,7	5,3	4,9
81,0	-	-	4,3	3,7	3,6	3,2
145,8	-	-	2,7	2,3	2,3	2,3
243,0	-	-	-	1,5	1,5	1,5
Швидкість зсуву, с ⁻¹	Композиція зі співвідношенням тернового БВЗ до пюре терну					
	100:0	90:10	85:15	80:20	75:25	70:30
	100:0	90:10	85:15	80:20	75:25	70:30
1,8	119,8	100,1	70,2	42,3	40,3	38,0
3,0	99,5	63,3	44,6	30,2	25,0	21,6
5,4	65,8	41,9	23,1	14,7	13,7	13,2
9,0	45,5	27,3	13,9	10,3	8,1	7,5
16,2	30,5	19,3	8,5	7,3	6,0	5,1
27,0	20,5	15,5	5,6	5,4	4,8	4,2
48,6	-	11,4	3,7	4,0	3,2	2,9
81,0	-	-	3,0	3,0	2,7	2,3
145,8	-	-	2,5	2,1	2,0	2,0
243,0	-	-	-	1,5	1,5	1,5

Підвищення стабільності збитих композицій можна пояснити комплексоутворенням між білками та розчинними пектинами за рахунок іонів кальцію, внаслідок чого утворюються пектат кальцію та білково-вуглеводні комплекси, що значно підвищує в'язкість та викликає утворення просторової драглеподібної сітки.

Утворення пектату кальцію та білково-вуглеводних комплексів забезпечує зростання стійкості композицій на 61,29% та 47,06% порівняно зі СП БВЗ. При цьому видиме зменшення об'єму зразків починається лише через (5...6)·3600 с.

Подальше збільшення частки ягідних пюре, що супроводжується зниженням рН систем та поступовою втратою поверхневих властивостей,

призводить до зменшення ПУЗ. СП також погіршується, але з меншою динамікою, що можна пояснити незначним вмістом повітряної фази, яка має деструктивну дію внаслідок коалесценції повітряних пухирців.

Досліджували залежність ефективної в'язкості композицій від співвідношення БВЗ та ягідних пюре в діапазоні швидкостей зсуву від $1,8 \text{ c}^{-1}$ до 243 c^{-1} (табл. 2.17). Композиції з вмістом пюре більше 30% не досліджували через низький рівень ПУЗ та СП.

Результати досліджень показують, що додавання до БВЗ ягідних пюре призводить до зниження ефективної в'язкості композицій та її залежності від швидкості зсуву. Так, в композиціях з вмістом пюре кизилу та пюре терну 10% в'язкість за швидкості зсуву $1,8 \text{ c}^{-1}$, порівняно з в'язкістю БВЗ, зменшується на 16,10% та 16,53% відповідно. За даного вмісту пюре в області градієнтів швидкості $3,0 \dots 16,2 \text{ c}^{-1}$ в'язкість композиції з пюре кизилу зменшується на 2,40...8,08%, а з пюре терну на 36,32...40,01%.

Різде зниження в'язкості композиції з пюре терну можна пов'язати з меншим на 33,34% вмістом в цьому пюре водорозчинного пектину, який зумовлює формування просторового каркасу. При подальшому збільшенні ε в'язкість обох зразків зменшується майже однаково.

В композиціях з вмістом пюре кизилу та пюре терну 15% в'язкість композицій порівняно до в'язкості БВЗ за швидкості зсуву $1,8 \text{ c}^{-1}$ зменшується на 36,36% та 41,40% відповідно, а при 20% вмісті пюре в'язкість композицій становить 40,08% та 35,31% від в'язкості відповідних БВЗ. При подальшому збільшенні вмісту пюре в'язкість композицій зменшується не суттєво. І при 30% вмісті пюре кизилу та терну відповідно становить 33,90% та 31,72% від в'язкості відповідних БВЗ. Для даних зразків характер бінгамовської ділянки кривої залежності η від ε засвідчує виражену текучість. Це можна пояснити тим, що в нерухомому середовищі частки композиції розташовані хаотично, а при виникненні та зростанні градієнту швидкості відбувається їх орієнтація в напрямку текучості. Реологічні характеристики композицій БВЗ з пюре ягід наведено у табл. 2.18.

Таблиця 2.18 – Реологічні характеристики композицій БВЗ з пюре ягід

Зразок	В'язкісні характеристики, Па·с			Міцнісні характеристики, Па	
	η_{max}	η_{nl}	η_{nl}^*	R_0	R_1
Композиція зі співвідношенням кизилового БВЗ до пюре кизилу як:					
90:10	99,0	0,014	3,02	342,6	162,5
85:15	75,1	0,016	3,78	298,4	140,4
80:20	47,3	0,024	5,96	248,3	79,7
75:25	44,8	0,026	8,71	245,1	72,9
Композиція зі співвідношенням тернового БВЗ до пюре терну як:					
90:10	100,1	0,015	2,12	325,9	148,6
85:15	70,2	0,019	3,81	282,1	123,9
80:20	42,3	0,027	5,18	264,4	64,5
75:25	40,3	0,032	7,23	251,2	56,3

З табл. 2.18 видно, що для композицій БВЗ з пюре кизилу та пюре терну при додаванні до 25% ягідного пюре максимальна в'язкість η_{max} , що виміряна при мінімальній силі впливу на систему ($\varepsilon = 1,8 \text{ c}^{-1}$) зменшується в 2,21 та 2,48 рази, а пластична в'язкість η_{nl} , що розраховується з реологічної кривої та визначає в'язкість практично зруйнованої структури, збільшується в 1,86 та 2,13 рази відповідно. Пластична в'язкість на ділянці повзучості η_{nl}^* , що також розраховується з реологічної кривої та визначає в'язкість практично незруйнованої структури, збільшується в 2,88 та 3,41 рази відповідно.

Поряд зі зменшенням в'язкості в зразках спостерігається зменшення міцності. Так, початкова напруга зсуву R_0 , що визначає зусилля, за якого система гранично руйнується, зменшується на 28,46% та 22,92% для композицій з пюре кизилу та пюре терну відповідно, а напруга зсуву на ділянці повзучості R_1 , що визначає зусилля, за якого система починає руйнуватися, зменшується в 2,23 та 2,64 рази відповідно.

Наведений аналіз реологічних параметрів засвідчує, що при додаванні до БВЗ ягідних пюре значно зменшується в'язкість та міцність утворених композицій.

Таким чином, враховуючи отримані дані для реалізації поверхнево-активних властивостей БВЗ та з метою отримання напівфабрикату для збитої десертної продукції з максимальними показниками ПУЗ та СП вміст ягідних пюре повинен знаходитися в межах 15...20%. Таке співвідношення забезпечить раціональну для збивання в'язкість композицій БВЗ з ягідними пюре.

2.1.7 Визначення оптимального співвідношення БВЗ та ягідного пюре

З метою математичного обґрунтування оптимального співвідношення складових композицій використовували спосіб рішення компромісних задач багатопараметричної оптимізації методом сполучених градієнтів за допомогою надбудови «Search of decisions» пакету MS Excel.

Даний метод полягає в обранні цільової функції $y_0(x)$, лімітованої до встановленого значення, та описі обмежень за системою рівнянь. Параметром оптимального співвідношення складових обрано вміст ягідного пюре (x_1). В якості цільової функції обрано ПУЗ, як найбільш важливу функціонально-технологічну властивість при виробництві десертної продукції. Бажано, щоб ПУЗ була якомога вищою, тому цільову функцію лімітовано до максимально допустимого значення:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} y_0(x), \quad (2.15)$$

Попередньо отримані залежності ПУЗ ($y_0(x)$), СП ($y_2(x)$), рН ($y_3(x)$), поверхневого натягу ($y_1(x)$) та ефективної в'язкості ($y_4(x)$) від співвідношення кизилового БВЗ та пюре кизилу описуються рівняннями:

$$y_0(x) = -0,0784x^2 + 2,5859x + 133,15, R^2 = 0,986; \quad (2.16)$$

$$y_2(x) = -0,0622x^2 + 2,7332x + 70,673, R^2 = 0,976; \quad (2.17)$$

$$y_3(x) = 0,0002x^2 - 0,0327x + 6,7541, R^2 = 0,999; \quad (2.18)$$

$$y_1(x) = 0,0068x^2 - 0,1072x + 42,705, R^2 = 0,964; \quad (2.19)$$

$$y_4(x) = 0,0241x^2 - 3,6821x + 123,56, R^2 = 0,995. \quad (2.20)$$

В якості функцій, що характеризують обмеження співвідношення кизилового БВЗ та пюре кизилу, прийняті:

$y_1(x)$ – поверхневий натяг, $\cdot 10^{-3}$ Н/м:

$$y_1(x) \geq 45,2; \quad (2.21)$$

$y_2(x)$ – стійкість піни, %:

$$y_2(x) \geq 95,0; \quad (2.22)$$

$y_3(x)$ – активна кислотність, од.:

$$y_3(x) \geq 6,1; \quad (2.23)$$

$y_4(x)$ – ефективна в'язкість, Па·с:

$$y_4(x) \leq 47,3. \quad (2.24)$$

Всі обмеження обрано таким чином, щоб продукт отриманий за знайденими оптимальними параметрами, володів високими структурно-механічними властивостями. При розрахунках враховували допустиме відхилення 5%. В результаті оптимізації методом сполучених градієнтів співвідношення кизилового БВЗ з пюре кизилу отримані наступні результати:

Ім'я	Змінні	Цільова функція
Значення	x_1 16,5	$y_0(x)$ 154,47 $\rightarrow \max$
		Обмеження
$y_1(x) =$	44,27	\leq 45,2
$y_2(x) =$	98,83	\geq 95
$y_3(x) =$	6,27	\geq 6,1
$y_4(x) =$	69,39	\geq 47,3

Аналогічні розрахунки проводили для композицій тернового БВЗ з пюре терну. Попередньо отримані залежності ПУЗ ($y_0(x)$), СП ($y_2(x)$), рН ($y_3(x)$), поверхневого натягу ($y_1(x)$) та ефективної в'язкості ($y_4(x)$) від співвідношення тернового БВЗ та пюре терну описуються рівняннями:

$$y_0(x) = -0,0749x^2 + 2,5623x + 131,30, R^2 = 0,985; \quad (2.25)$$

$$y_2(x) = -0,0503x^2 + 2,2604x + 75,606, R^2 = 0,975; \quad (2.26)$$

$$y_3(x) = 0,0003x^2 - 0,0362x + 6,7423, R^2 = 0,999; \quad (2.27)$$

$$y_1(x) = 0,0054x^2 - 0,0558x + 42,005, R^2 = 0,978; \quad (2.28)$$

$$y_4(x) = 0,0387x^2 - 4,3221x + 126,62, R^2 = 0,994. \quad (2.29)$$

В цьому випадку, в якості функцій, що характеризують обмеження співвідношення складових, прийняті:

$y_1(x)$ – поверхневий натяг, $\cdot 10^{-3}$ Н/м:

$$y_1(x) \geq 45,0; \quad (2.30)$$

$y_2(x)$ – стійкість піни, %:

$$y_2(x) \geq 95,0; \quad (2.31)$$

$y_3(x)$ – активна кислотність, од.:

$$y_3(x) \geq 6,1; \quad (2.32)$$

$y_4(x)$ – ефективна в'язкість, Па·с:

$$y_4(x) \leq 70,2. \quad (2.33)$$

В результаті оптимізації методом сполучених градієнтів співвідношення тернового БВЗ з пюре терну отримані наступні результати:

Ім'я	Змінні	Цільова функція
Значення	x_1 15,1	$y_0(x)$ 154,32 $\rightarrow \max$
		Обмеження
$y_1(x) =$	42,39	\leq 45,0
$y_2(x) =$	98,26	\geq 95,0
$y_3(x) =$	6,26	\geq 6,1
$y_4(x) =$	70,20	\geq 70,2

Таким чином, знайдене рішення відповідає всім вимогам. При даних параметрах з припустимим відхиленням 5% композиції кизилового БВЗ з пюре кизилу та тернового БВЗ з пюре терну мають максимально можливу ПУЗ відповідно 154,47% та 154,32%. При цьому, оптимальним вмістом пюре кизилу є 16,5%, пюре терну – 15,1%.

2.1.8 Дослідження впливу вмісту цукру на властивості білково-вуглеводних напівфабрикатів

Розроблення кінцевого продукту десертного спрямування передбачає використання додаткового компоненту – цукру, що, з одного боку, формує

споживчі та органолептичні властивості продукту, зокрема, смак, а, з іншого боку, може суттєво впливати на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості цього продукту. Як згадувалося, додавання до продукту цукру призводить до зростання в'язкості та СП при зниженні його ПУЗ.

З метою визначення раціонального вмісту цукру в кінцевому продукті проведено дослідження щодо визначення впливу цукру на структурно-механічні та функціонально-технологічні властивості композицій БВЗ з ягідними пюре.

Дослідження впливу вмісту цукру на в'язкість проводили для композицій з оптимальним вмістом пюре, тобто 16,5% пюре кизилу та 15,1% пюре терну, за швидкості зсуву $1,8 \text{ c}^{-1}$. Для аналогічних продуктів вміст цукру, як правило, складає 10...20% [86, 91, 97, 119, 128, 139], тому максимальний вміст цукру прийняли за 20%. З метою забезпечення повного розчинення цукру після введення певної частки цукру композиції перемішували та витримували впродовж 10-60 с, нагрівали до температури $80...82^\circ\text{C}$ та охолоджували. Визначення показників проводили після охолодження до 20°C . Результати досліджень надані на рис. 2.20.

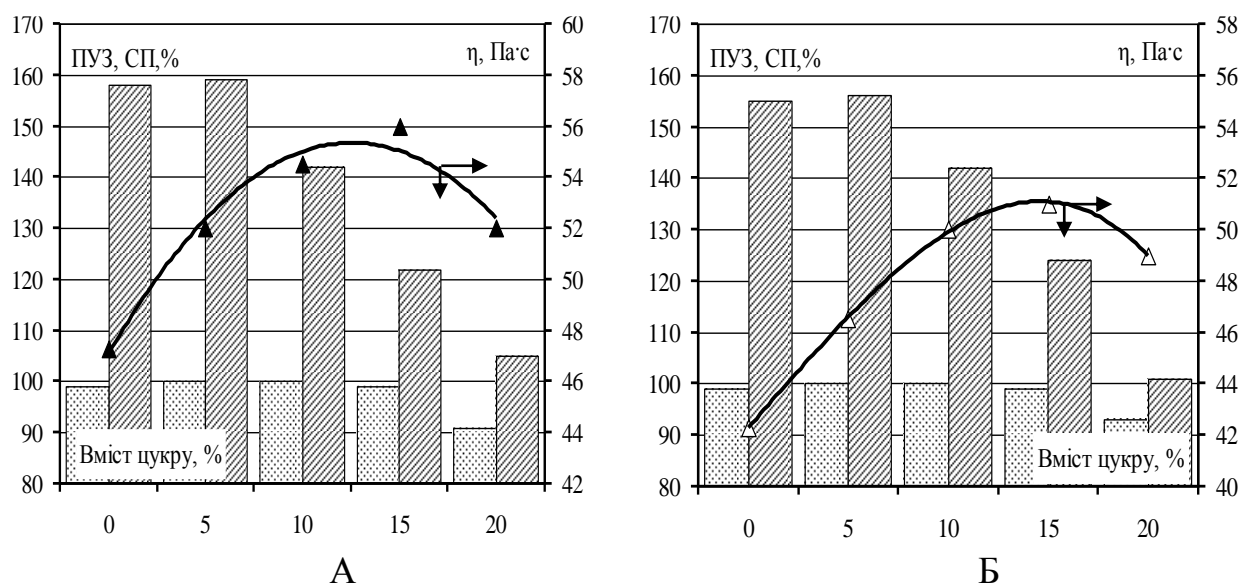


Рисунок 2.20 – Залежність функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей композиції кизилового БВЗ з пюре кизилу (А) та композиції тернового БВЗ з пюре терну (Б) від вмісту цукру:

▨, ▩ – відповідно піноутворювальна здатність, стійкість піни;

—▲—, —Δ— — ефективна в'язкість

Аналіз отриманих даних свідчить, що додавання цукру пригнічує процес піноутворення. Це пов'язано з тим, що цукор підвищує поверхневий натяг композицій, тим самим ускладнюючи процес піноутворення. Так, ПУЗ композицій БВЗ з пюре кизилу (рис 2.20.а) та терну (рис 2.20.б) за вмісту цукру 5% дещо збільшується, на 0,70% та 1,63%, а за вмісту цукру 10% знижується на 10,13% та 8,39%, за вмісту 15% – 22,78% та 20,00% відповідно.

СП при додаванні цукру до 10% зростає та становиться абсолютною. В композиціях з вмістом цукру 20% ПУЗ майже не проявляється, а СП зменшується на 9,00% та 7,00% для композицій з пюре кизилу та терну відповідно.

В'язкість композицій з пюре кизилу та терну при додаванні цукру до 15% зростає на 18,39% та 20,27%, що, на наш погляд, дозволяє уповільнити швидкість потоншення стінок піни та руйнування структури, а за вмісту цукру 20% в'язкість знижується на 7,14% та 3,92% відповідно. Зниження в'язкості композицій при вмісті цукру більше 15% пов'язано з його дегідратуючою дією, що призводить до синерезису з видимим виділенням рідини.

Таким чином, проведені дослідження показали, що додавання цукру в кількості 5...20% негативно впливає на ПУЗ композицій БВЗ з пюре кизилу та терну, яка зменшується на 33,54% та 34,84% відповідно. Одночасно, при вмісті цукру до 15% композиції відзначаються високою стійкістю. Це дозволяє зробити висновок, що вміст цукру повинен бути мінімальним.

Для знаходження оптимального вмісту цукру методом сполучених градієнтів, обирали за цільову функцію ПУЗ ($y_0(x)$), яку лімітували максимальним значенням.

Приведені на рис. 2.20.а залежності ПУЗ ($y_0(x)$), СП ($y_1(x)$) та ефективної в'язкості ($y_2(x)$) від вмісту цукру описуються рівняннями:

$$y_0(x) = -0,1114x^2 - 0,6314x + 160,23, R^2 = 0,979; \quad (2.34)$$

$$y_1(x) = -0,0543x^2 + 0,7457x + 98,486, R^2 = 0,993; \quad (2.35)$$

$$y_2(x) = -0,0526x^2 + 1,3194x + 47,051, R^2 = 0,985. \quad (2.36)$$

В якості функцій, що характеризують обмеження вмісту цукру, прийняті:

$y_1(x)$ – стійкість піни, %:

$$y_1(x) \geq 99,0; \quad (2.37)$$

$y_2(x)$ – ефективна в'язкість, Па·с:

$$y_2(x) \leq 54,5. \quad (2.38)$$

Всі обмеження обрано таким чином, щоб продукт, отриманий за знайденими оптимальними параметрами, мав ПУЗ не нижчу, ніж у композиції без додавання цукру. В результаті проведеної оптимізації для композиції кизилового БВЗ з пюре кизилу отримані наступні результати:

Ім'я	Змінні	Цільова функція
Значення	x_1 7,5	$y_0(x)$ 159,0 → 159
$y_1(x) =$	99,50	\geq 99
$y_2(x) =$	53,95	\leq 54,5

Аналогічні розрахунки проводили для композиції тернового БВЗ з пюре терну. Приведені на рис. 2.20.б залежності ПУЗ ($y_0(x)$), СП ($y_1(x)$) та ефективної в'язкості ($y_2(x)$) від вмісту цукру описуються рівняннями:

$$y_0(x) = -0,1486x^2 + 0,1714x + 156,17, R^2 = 0,994; \quad (2.39)$$

$$y_1(x) = -0,0429x^2 + 0,5971x + 98,657, R^2 = 0,993; \quad (2.40)$$

$$y_2(x) = -0,0426x^2 + 1,2094x + 42,051, R^2 = 0,987. \quad (2.41)$$

В якості функцій, що характеризують обмеження вмісту цукру, прийняті:

$y_1(x)$ – стійкість піни, %:

$$y_1(x) \geq 99,0; \quad (2.42)$$

$y_2(x)$ – ефективна в'язкість, Па·с:

$$y_2(x) \leq 50,0. \quad (2.43)$$

В результаті проведеної оптимізації отримані наступні результати:

Ім'я	Змінні	Цільова функція
Значення	x_1 7,8	$y_0(x)$ 156,0 → 156
		Обмеження
$y_1(x) =$	99,59	\geq 99
$y_2(x) =$	49,08	\leq 50

Таким чином, знайдені рішення відповідають всім вимогам. При даних параметрах з допустимим відхиленням 5% композиції БВЗ з пюре кизилу та пюре терну мають максимально можливу ПУЗ за вмісту цукру 7,5% та 7,8% відповідно.

Отриманий оптимальний вміст цукру нижче граничної концентрації, за якої відчувається виражений солодкий присмак. Тому, були проведені органолептичні дослідження, які показали, що виражений солодкий смак у композицій відзначається за вмісту цукру 8...10%.

Враховуючи вищевикладене, раціональним вмістом цукру, що може бути закріплений як параметр технологічного процесу, в композиції кизилового БВЗ з пюре кизилу є 7,5...8,0%, в композиції тернового БВЗ з пюре терну – 7,8...8,0%.

Таким чином, проведені дослідження дозволили встановити та оптимізувати співвідношення складових білково-вуглеводного напівфабрикату, що склали:

- кизиловий БВН: вміст пюре кизилу – 16,5%, вміст цукру 7,5...8,0%;
- терновий БВН: вміст пюре терну – 15,1%, вміст цукру 7,8...8,0%.

2.2 Обґрунтування складу композиційних сумішей білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

2.2.1 Визначення складу композиційних сумішей білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Для розширення асортименту десертної продукції та збагачення її поживними речовинами поряд із основною сировиною застосовують нетрадиційну, зокрема наповнювачі рослинного походження. Широке поширення мають плодоовочеві пюре, порошки, продукти переробки злакових, бобових, дикорослих рослин.

Велику зацікавленість викликають рослини, що містять природні речовини, які підвищують біологічну цінність продуктів та позитивно впливають на одну або обмежену кількість функцій організму людини. Наявність природних інгредієнтів оздоровчого харчування у продуктах покращує загальне функціонування організму людини. Отже, введення рослинних наповнювачів лікарської спрямованості сприятиме підвищенню біологічної цінності виробів, надасть їм лікувально-профілактичних властивостей.

На першому етапі експериментальних досліджень необхідно було підібрати таку композицію трав, яка б поліпшувала смак та запах виробу, а також підвищувала його біологічну цінність.

У якості основи усіх композицій обрана лікарська рослина кропива дводомна, яка має виражений запах та смак, тому з'явилась необхідність в додатковій рослинній сировині.

Кропива дводомна містить комплекс біологічно активних речовин (вітаміни, макро- та мікроелементи, незамінні амінокислоти, дубильні речовини, флавоноїди та ін.), але додавання у цю композицію споришу збагачує суміш кремнієвою кислотою, натрієм і хлором, які перешкоджають утворенню сечових каменів та підвищує імунітет. Додавання до складу композиції люцерни збагачує суміш вітаміном U (антивиразний вітамін),

солями кальцію та фосфору, хлорофілом, який володіє антибактеріальним дією, конюшини лугової – збагаченню суміші глікозідами (трифолін та ізотрифолін), ситостиролами, органічними кислотами, вітамінами та солями кальцію та фосфору, склад яких має сечогінну та антисептичну дію, сприяє підвищенню апетиту та нормалізує дію шлунково-кишечного тракту.

Попередніми міркуваннями та відпрацюванням технологій визначені інші рецептурні компоненти – молочна сироватка, гуарова камедь та цукор. Запропоновані композиції білково-вуглеводного напівфабрикату наведені на рис. 2.21.



Рисунок 2.21 – Композиційний склад білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

При застосуванні нових наповнювачів змінюється не лише кількісний склад продукту, а і його якісні характеристики. Тому важливим завданням було виявити вплив вибраних компонентів на поверхневі властивості

харчових систем (десертної продукції). Тому наступним було виявлення впливу обраних рослинних компонентів на піноутворювальні властивості та стійкість пін модельних систем.

2.2.2 Дослідження поверхневих властивостей модельних систем рослинної сировини

Літературні дані про хімічний склад вибраних рослинних наповнювачів [77] дозволяють очікувати від їх модельних систем виявлення поверхнево-активних властивостей, а звідси й піно- і структуроутворюючої здатності, проте це потребує додаткових експериментальних досліджень. Відомо, що одним із критеріїв оцінки поверхневої активності речовин є їхня здатність до зниження поверхневого натягу води на межі розподілу “вода-повітря”. Доведено, що зі зменшенням поверхневого натягу розчину його піноутворююча здатність зростає, тому що витрачається менше роботи на одержання однакового об’єму піни.

Було проведено дослідження поверхневого натягу модельних систем рослинної сировини, які отримували шляхом змішування рослинного пюре з водою, витримування суміші протягом 20-60 с. за температури 50...60°C та фільтрування крізь скляний фільтр Шотта. Поверхневий натяг визначали за допомогою відносного методу відриву кільця з використанням торзійних терезів.

Для дослідження впливу масової частки пюре кропиви, споришу, конюшини та люцерни на зміни поверхневого натягу масову частку рослинних добавок варіювали в інтервалі 0...10%. Результати досліджень представлені на рис. 2.22.

Результати проведених експериментів показали, що якщо масова частка рослинної сировини в модельній системі становить 7%, то спостерігається межа концентраційного насичення, характерна для кожної поверхнево-активної речовини. При подальшому зростанні масової частки

рослинної сировини поверхневий натяг системи починає збільшуватися. Це можна пов'язати з підвищенням концентрації органічних кислот у системі, так як з літературних джерел відомо [87, 88], що при підвищенні концентрації органічних кислот в розчині поверхневий натяг його зростає.

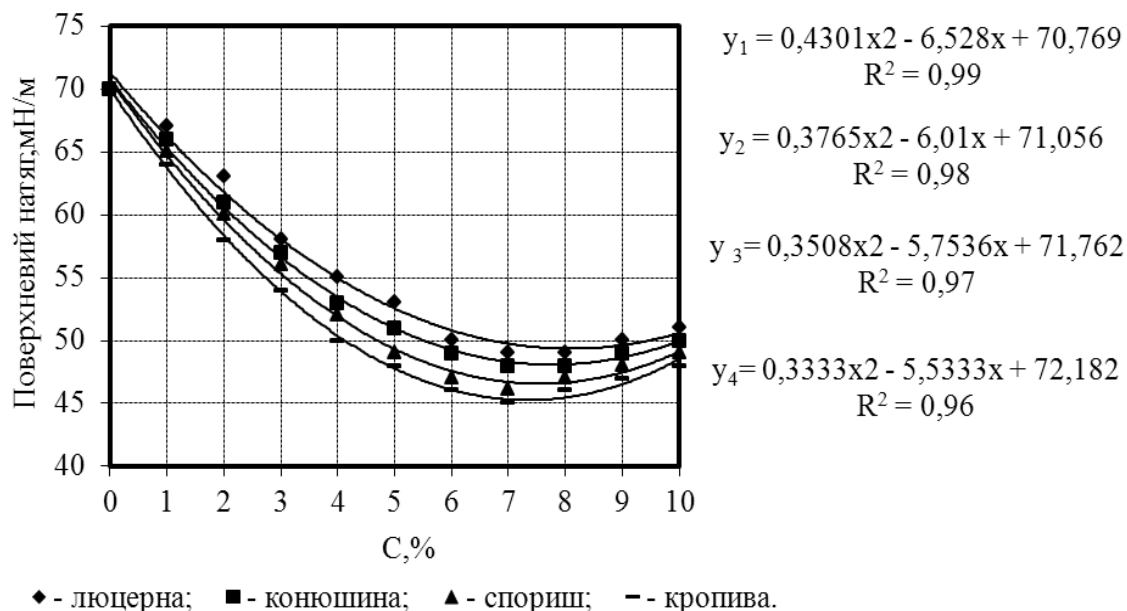
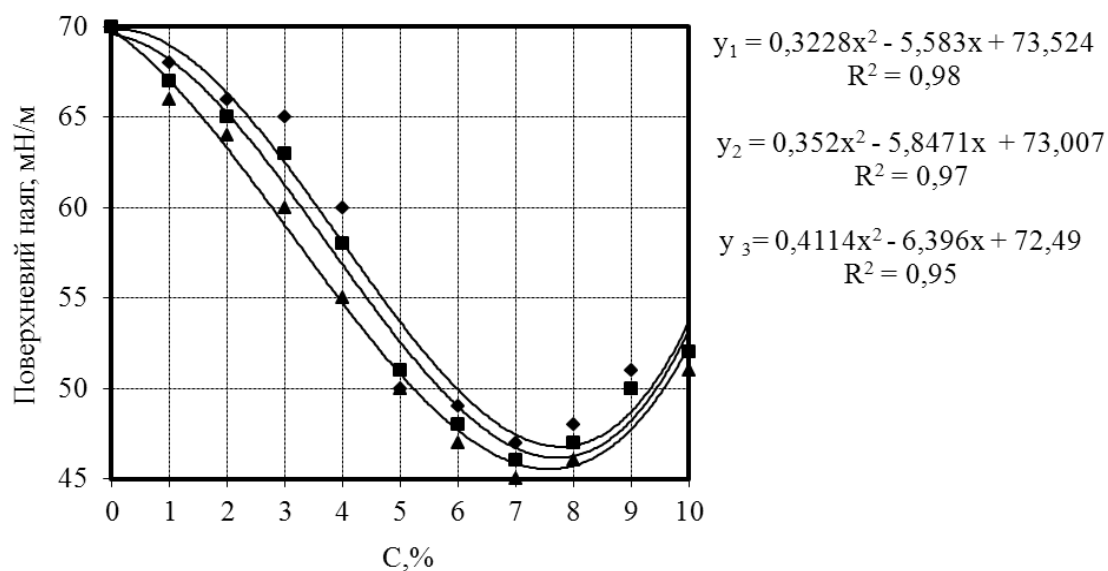


Рисунок 2.22 – Поверхневий натяг модельної системи рослинної сировини залежно від її масової частки у системі

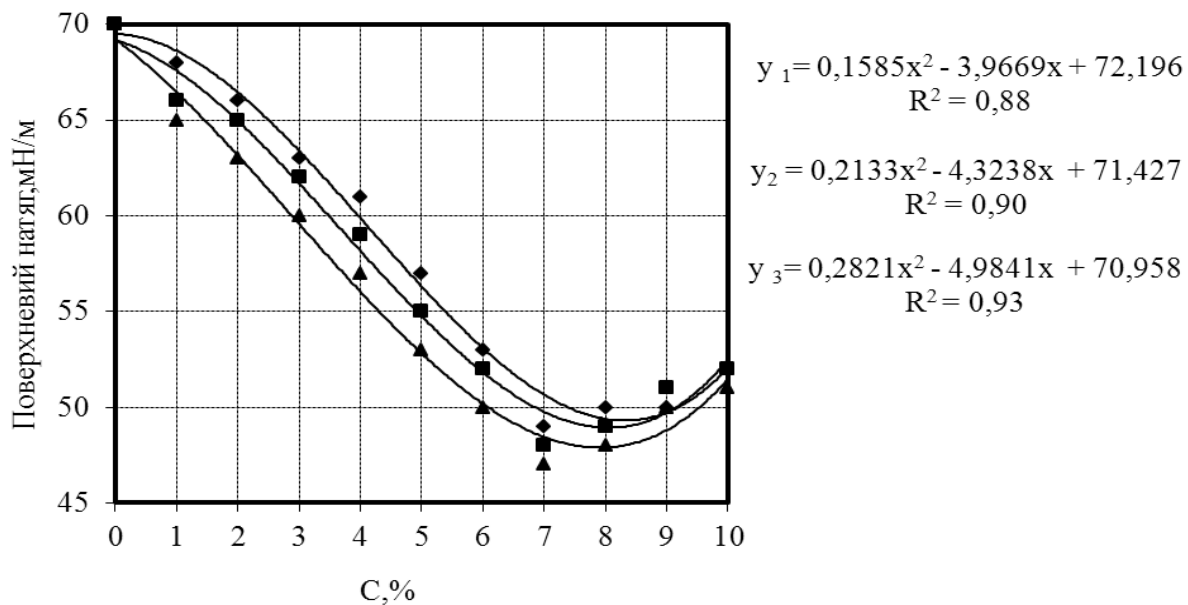
Сік кропиви знижує поверхневий натяг максимально, перевищуючи даний показник для соків інших рослинних наповнювачів до 4,5%. При цьому для однокомпонентної системи з кропиви поверхневий натяг знижується до 45%.

У зв'язку з тим, що до складу фітосумішей входить композиція з двох рослинних наповнювачів, необхідно дослідити поверхневу активність модельних систем: «кропива-спориш» (КС), «кропива-конюшина» (КК), «кропива-люцерна» (КЛ) шляхом вивчення змін поверхневого натягу системи рослинних наповнювачів від їх масової частки у системі при різному співвідношенню їх складових частин. Одержані експериментальні дані наведено на рис. 2.23...2.25.



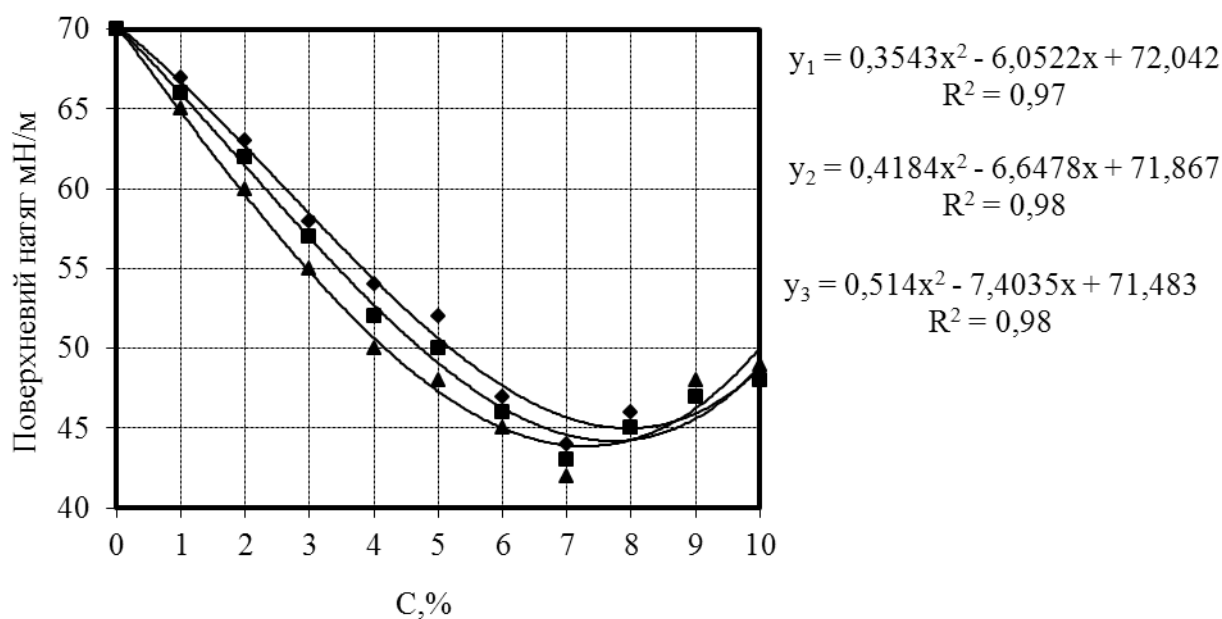
◆ - кропива-люцерна; ■ - кропива-конюшина; ▲ - кропива-спориш.

Рисунок 2.23 – Поверхневий натяг системи рослинних наповнювачів залежно від їх масової частки при співвідношенні складових 1:1



◆ - кропива-люцерна; ■ - кропива-конюшина; ▲ - кропива-спориш.

Рисунок 2.24 - Поверхневий натяг системи рослинних наповнювачів залежно від їх масової частки при співвідношенні складових 0,5:1,5



◆ - кропива-люцерна; ■ - кропива-конюшина; ▲ - кропива-спориш.

Рисунок 2.25 – Поверхневий натяг системи рослинних наповнювачів в залежності від їх масової частки при співвідношенні складових 1,5:0,5

Результати досліджень свідчать, що максимальне зниження поверхневого натягу води відбувається з однаковою закономірністю для всіх систем при співвідношенні компонентів 1,5:0,5. При цьому співвідношення компонентів систем: кропива-спориш знижує поверхневий натяг максимально – в 1,7 рази, кропива-конюшина – в 1,6 рази, кропива-люцерна – в 1,6 рази. В той самий час при інших співвідношеннях компонентів (1:1; 0,5:1,5) максимальне зниження поверхневого натягу спостерігається у 1,4 рази.

Введення в систему рослинних компонентів дозволяє знизити поверхневий натяг систем до 40...45 мН/м, порівняно із яєчним білком без наповнювачів. Таким чином, модельні системи рослинних наповнювачів проявляють поверхневу активність.

Усі проведені експерименти у своїй сукупності дозволяють очікувати від запропонованої нами рослинної сировини таких поверхнево-активних властивостей, які можуть зробити її перспективною для використання в якості піноутворювачів при виробництві страв з пінною структурою.

2.2.3 Дослідження піноутворювальної здатності та стійкості піни модельних систем рослинної сировини

Експериментальні дані, отримані раніше, свідчать, що композиції рослинних наповнювачів знижують поверхневий натяг системи та проявляють поверхневу активність на рівні яєчного білка. Тому, можливо передбачити, що отримані композиції рослинних добавок будуть проявляти піноутворювальні здатності. Але не зовсім обов'язково, щоб речовина, яка досить активно знижує поверхневий натяг, утворювала стійку піну [91].

Були проведені дослідження залежності піноутворювальної здатності (ПЗ) та стійкості піни (СП) композицій яєчного білка з модельними системи: кропива-спориш, кропива-конюшина, кропива-люцерна (при співвідношенні компонентів 1,5:0,5) в залежності від їх масової частки. Піноутворювальна здатність яєчного білка складає 420%, стійкість піни яєчного білка – 83,5%. Результати досліджень ціноутворюючої здатності композицій яєчного білка з рослинними добавками приведені на рис. 2.26.

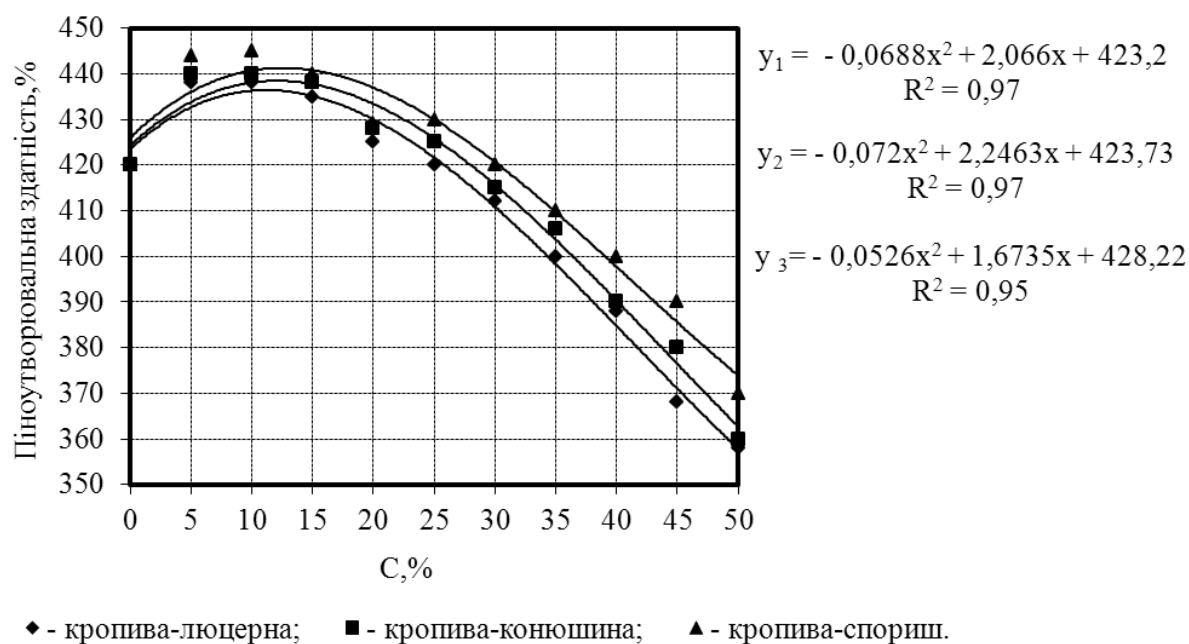


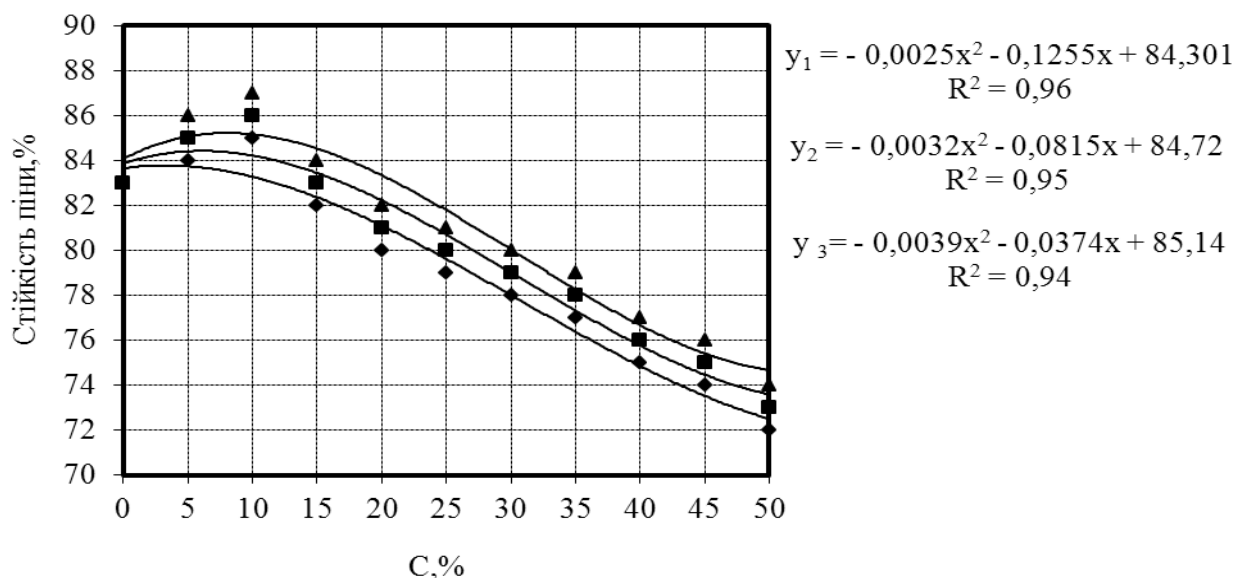
Рисунок 2.26 – Піноутворювальна здатність композицій яєчного білка з рослинними системами залежно від масової частки добавки

Як показали результати досліджень, піноутворювальна здатність композицій яєчного білка з рослинними системами зростає, якщо їх кількість не перевищує 15%, а при наступному зростанні масової частки рослинних систем у композиції з яєчним білком її піноутворювальна здатність знижується. Так піноутворювальна здатність композицій яєчного білка з системою: кропива-спориш підвищується з 420% відповідно до 445%, а з системою: кропива-конюшина – до 440%, кропива-люцерна – до 438% при концентрації рослинної системи до 15%.

Підвищення піноутворювальної здатності композицій яєчного білка з рослинними системами порівняно з ПУЗ яєчного білка відбувається за рахунок пектинових речовин, які містяться у рослинній сировині. Пектинові речовини рослинної сировини утворюють комплекс біополімерів за рахунок міжмолекулярних зв'язків з яєчним білком, що сприяє максимальній участі останніх у процесі піноутворення.

Для пінних структур першорядне значення має стійкість утвореної пінної структури. З теорії пін відомо [140-142], що багато речовин, які самі не володіють піноутворювальною здатністю, можуть дуже активно впливати на стійкість піни системи. Тому було досліджено СП композиції яєчного білка з рослинними системами: кропива-спориш, кропива-конюшина, кропива-люцерна (при співвідношенні компонентів 1,5:0,5) в залежності від їх масової частки. Результати досліджень представлені на рис. 2.27.

У результаті досліджень виявлено, що рослинні системи сприяють стійкості піни з їх масовою часткою у композиції з яєчним білком 5...10%. До того ж найбільш раціональною концентрацією, яка сприяє підвищенню стійкості піни, є масова частка добавки в кількості 10%. При такій масовій частці у композиціях з яєчним білком рослинної системи: кропива-спориш стійкість піни складає 87%, кропива-конюшина – 86%, кропива-люцерна – 85%. За наступного збільшення концентрації добавки СП поступово знижується.



◆ - кропива-люцерна; ■ - кропива-конюшина; ▲ - кропива-спориш.

Рисунок 2.27 – Стійкість піни композицій яєчного білка з рослинними системами залежно від їх масової частки

Підвищення стійкості піни можна пояснити зниженням рухомості рідини в адсорбційних кульках унаслідок взаємодії між макромолекулами яєчного білка та полімерами рослинних наповнювачів. Іонні групи білкових молекул у розчині утворюють з реакційноздатними групами полісахаридів комплексну асоціативну структуру, де молекули води координуються навколо полісахариду з побудовою багат шарової гідратної оболонки, чим і пояснюється їхня стабілізуюча дія [66].

Крім того, входячи до складу рослинної сировини клітковина, адсорбуючись на поверхні пухирців, армують пінні плівки, підвищуючи стабільність піни. Під їх дією також відбувається звуження та закупорювання каналів Плато-Гіббса, що уповільнює процес синерезису піни.

Погіршення піноутворювальної здатності та стійкості піни при підвищенні масової частки рослинних систем більш 10% відбувається напевно через розрідження композицій та зменшення концентрації поверхнево-активного овоальбуміну яєчного білка.

Таким чином, проведені дослідження показали, що введення рослинної системи у композицію з яєчним білком підвищує СП на 2...4% та зростання

її ПЗ на 20...30%. При цьому найбільш раціональною є масова частка рослинної системи 5...10%.

2.2.4 Дослідження властивостей гуарової камеді у системі з молочною сироваткою

При розробці будь-яких нових технологій великий вплив мають хімічний склад інгредієнтів, їх функціонально-технологічні властивості та вплив на них фізичних та хімічних факторів, що зумовлює необхідність їх вивчення.

Сучасні ресурсозберігаючі технології різних галузей харчової промисловості передбачають використання різних харчових добавок, що поліпшують органолептичні, структурно-механічні та фізико-хімічні показники готових продуктів.

У рецептурах харчових продуктів гуарова камедь використовується як згущувач, що володіє наступними властивостями: регулювання в'язкості, стабілізація емульсій, запобігання синерезису; надання смакової наповненості та кремоподібної консистенції емульсійним продуктам; запобігання росту кристалів льоду, стабілізація збитості і підвищення еластичності готової продукції.

Вибір у якості стабілізатору молочно-білкової системи гуарової камеді обґрунтовано високим ступенем розгалуження молекули, яка має гарну розчинність у холодній та гарячій воді [143, 144].

Дослідники рекомендують використання камеді в межах 0,1...1,0%, але дозування залежить від вмісту жиру в рецептурі, застосовуваного процесу при виробництві (холодної або гарячого), заданої в'язкості та інших факторів [144].

З метою розробки напівфабрикату з гуаровою камеддю та обґрунтування технологічних параметрів його виробництва, були досліджені наступні процеси: динаміка розчинності гуарової камеді залежно від виду розчиннику, температури розчинення та масової частки гуарової камеді у

розчиннику; здатність гуарової камеді до утворення гелів залежно від її масової частки; вплив технологічних параметрів на в'язкість розчинів гуарової камеді.

Для виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату використовувалася молочна сироватка, тому були досліджені гідратаційні властивості гуарової камеді у воді (контроль) та молочній сироватці залежно від температури.

Дослідження здатності гуарової камеді до розчинення залежно від температури проводили в інтервалі 5...65°C, з кроком 5°C (рис. 2.28).

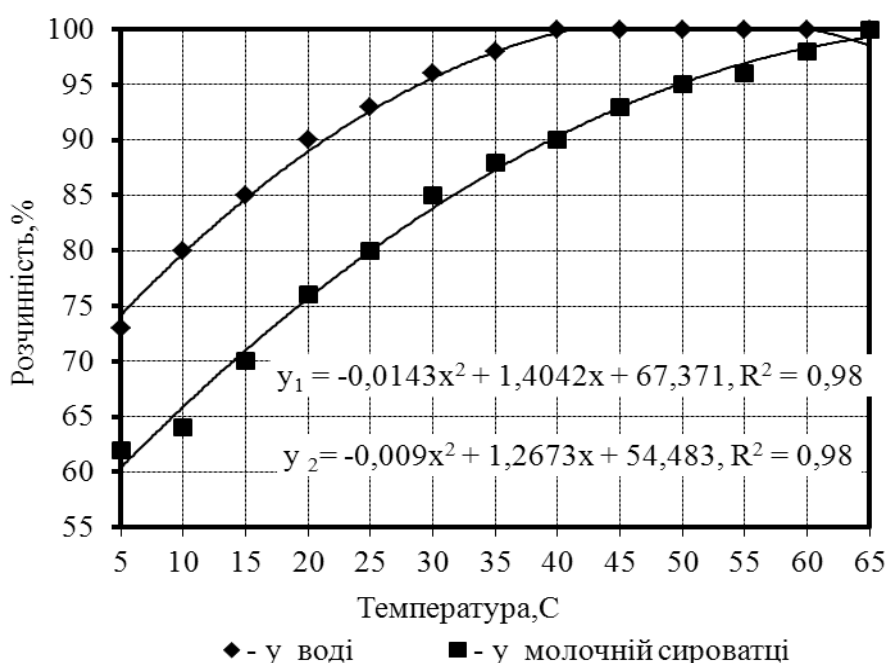


Рисунок 2.28 – Динаміка розчинення гуарової камеді у воді та молочній сироватці залежно від температури

Розчинність гуарової камеді у воді починається вже при температурі 5°C, збільшується при підвищенні температури та досягає максимального значення вже при 35...37°C. Розчинність гуарової камеді у молочній сироватці проявляє іншу динаміку: гідратаційні властивості також починають зростати з підвищенням температури та досягають максимального значення в інтервалі температур 60...65°C – гуарова камедь повністю розчиняється та утворює однорідний колоїдний розчин.

Проведені дослідження показали, що розчинення гуарової камеді у воді закінчується раніше, ніж у молочній сироватці. Цей факт з одного боку пов'язаний з підвищеним вмістом сухих речовин у розчиннику (порівняно з водою), а також наявністю у молочній сироватці білків, які також адсорбують вологу, що призводить до розподілу води між двома полімерами і зменшує ступінь розчинення гуарової камеді [145].

Досліджена здатність гуарової камеді до розчинення залежно від її масової частки у системі з молочною сироваткою. Масову частку гуарової камеді приймаємо в межах 0,1...1,0% при температурі 60°C (рис. 2.29).

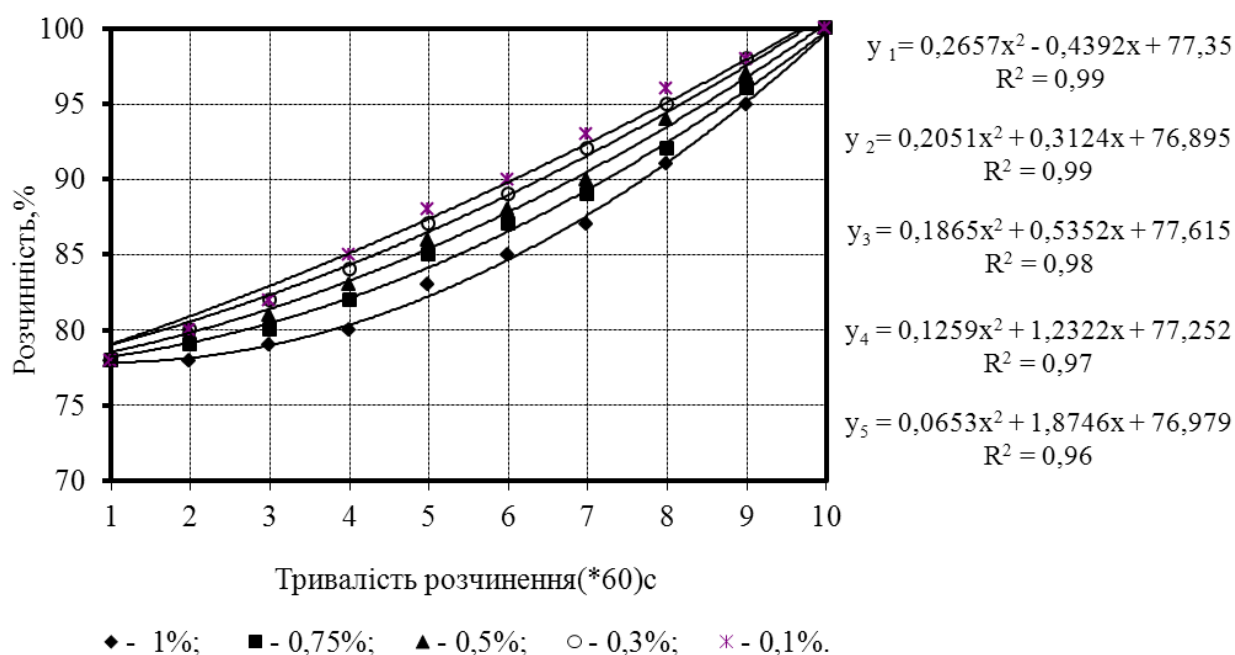


Рисунок 2.29 – Динаміка розчинення гуарової камеді в залежності від тривалості розчинення та її масової частки

Аналізуючи дані, представлені на рис. 2.29 можна відзначити, що розчинність гуарової камеді проходить в два етапи – починається із стадії набухання, що підтверджується повільною динамікою в інтервалі (0...3)·60с, після чого починається процес швидкого розчинення. Причому, динаміка розчинення гуарової камеді у молочної сироватці при різній її масовій частці практично однакова.

Перша стадія розчинності (набухання) гуарової камеді підтверджується наявністю кінетично повільної ділянки графіку (рис. 2.29). В цей період

окремі ланки гуарової камеді ще малорухомі та не здатні до міграції у молочну сироватку, що підтверджується незначною розчинністю макромолекул: від 78 до 82% у період часу до (3·60)с. При цьому в цей час механічне перемішування не інтенсифікує процес. Певно, розчинник проникає до високомолекулярної сполуки спочатку за рахунок капілярних та поверхневих сил, а потім поступово проникає всередину набухлої макромолекули за рахунок полярних груп. Крім того, з отриманих даних можна зробити висновок, що найбільш інтенсивно процес розчинення гуарової камеді у молочній сироватці протікає після (3·60)с розчинення. На графіку це підтверджується поступовим переходом від повільної до інтенсивно зростаючої ділянок на графіку. У другу фазу розчинність гуарової камеді у молочній сироватці підвищується від 82 до 100%.

У зв'язку з тим, що до напівфабрикату буде додаватися цукор, необхідно дослідити залежність розчинності гуарової камеді за його присутності. Масову частку гуарової камеді приймаємо, як і у попередньому дослідженні, 0,1; 0,3; 0,5; 0,75; 1,0%, а кількість цукру від 0 (контроль) до 60% з шагом 10%. Дослідження проводили при температурі 60°C. Результати досліджень наведені на рис. 2.30.

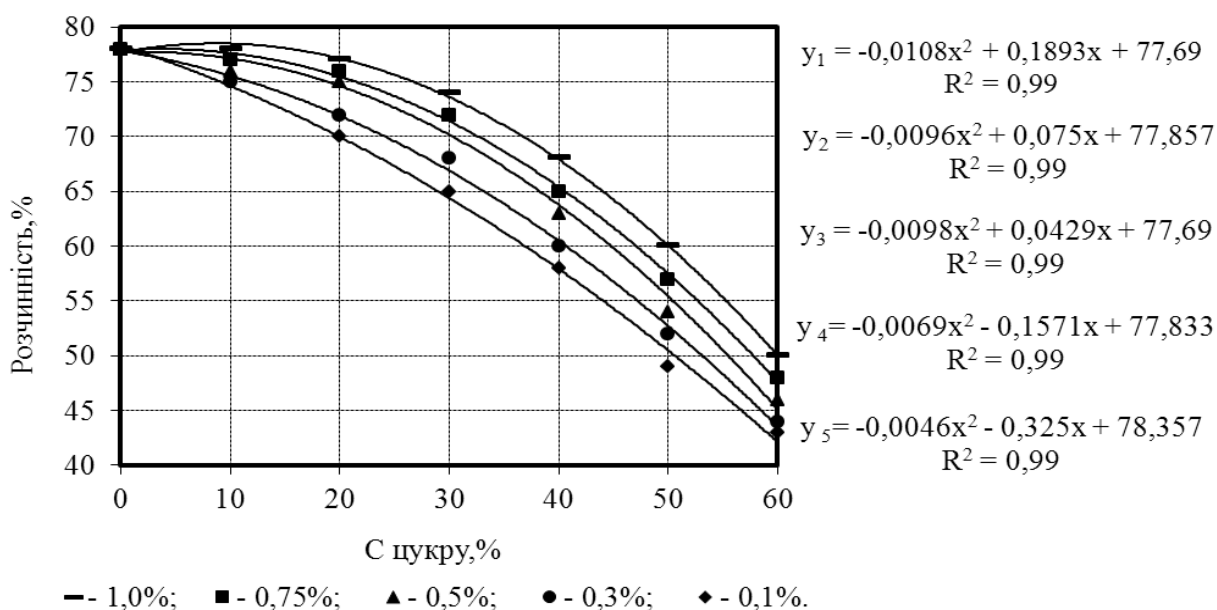


Рисунок 2.30 – Розчинність гуарової камеді у молочній сироватці залежно від масової частки цукру

Аналізуючи результати досліджень, наведені на рис. 2.30, можна зробити висновок, що зі збільшенням масової частки цукру розчинність гуарової камеді погіршується. Це, вірогідно [95], пов'язано з дегідратаційними властивостями цукру: при зростанні масової частки цукру у системі від 30 до 60% розчинність гуарової камеді у молочної сироватці зменшується на 10...40% відповідно.

В практиці роботи підприємств ресторанного господарства досить часто виникає потреба зберігання продукції, виготовленої з використанням драглеутворювачів [146, 147], тому нами проведено дослідження динаміки виділення рідини з гелів при зберіганні (рис. 2.31). Масова частка гуарової камеді в розчинах становила 0,1%, 0,5%, 1,0%.

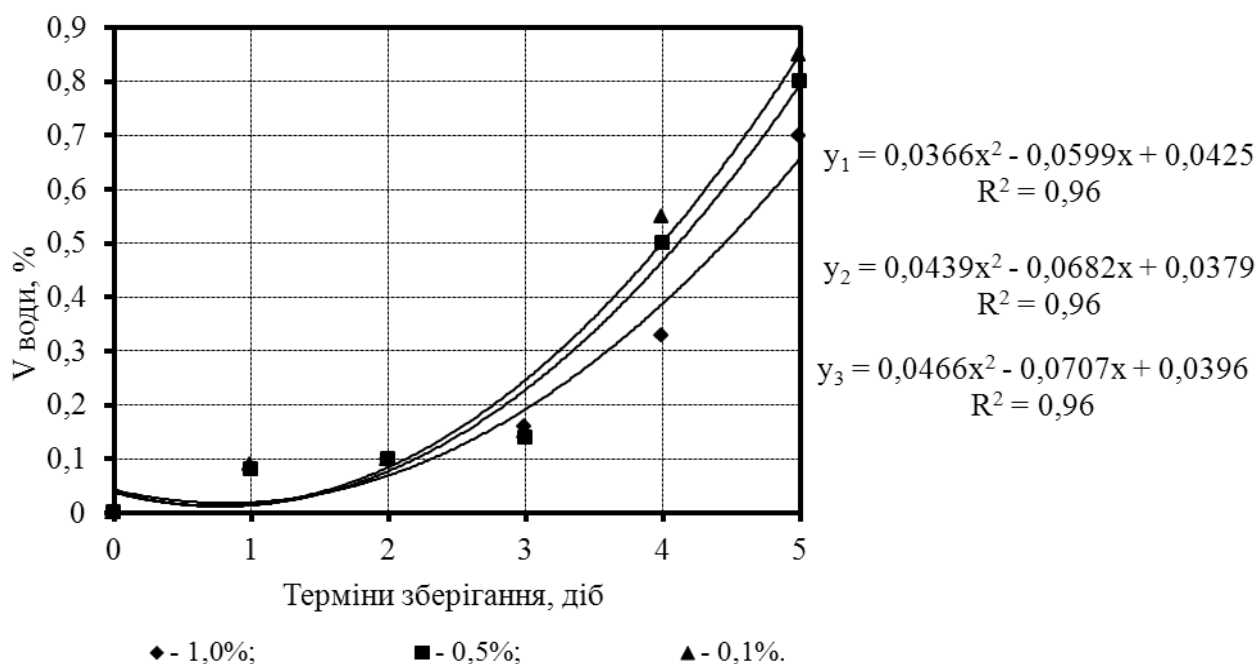


Рисунок 2.31 – Залежність кількості виділеної рідини від масової частки гуарової камеді у гелів на основі молочної сироватки після зберігання

Встановлено (рис.2.31), що при зберіганні драглів протягом 3 діб виділення рідини практично не відбувалося для всіх зразків. Починаючи з 3 доби зберігання відзначалося незначне збільшення виділеної рідини – 0,11...0,15%, кількість якої поступово зростала і через 5 діб зберігання склала 0,7...0,85%. Відзначено, що у менш концентрованих гелях гуарової камеді (0,1% та 0,5%) виділення рідини відбувалося декілька інтенсивніше, ніж в

розчині з 1,0% гуарової камеді. Тому при зберіганні готових виробів більш прийнятною вважаємо масову частку гуарової камеді 1,0%.

Наступним етапом досліджень є вивчення залежності в'язкості гелів гуарової камеді на основі води та молочної сироватки від її масової частки у системі при температурі 20...22°C (рис. 2.32).

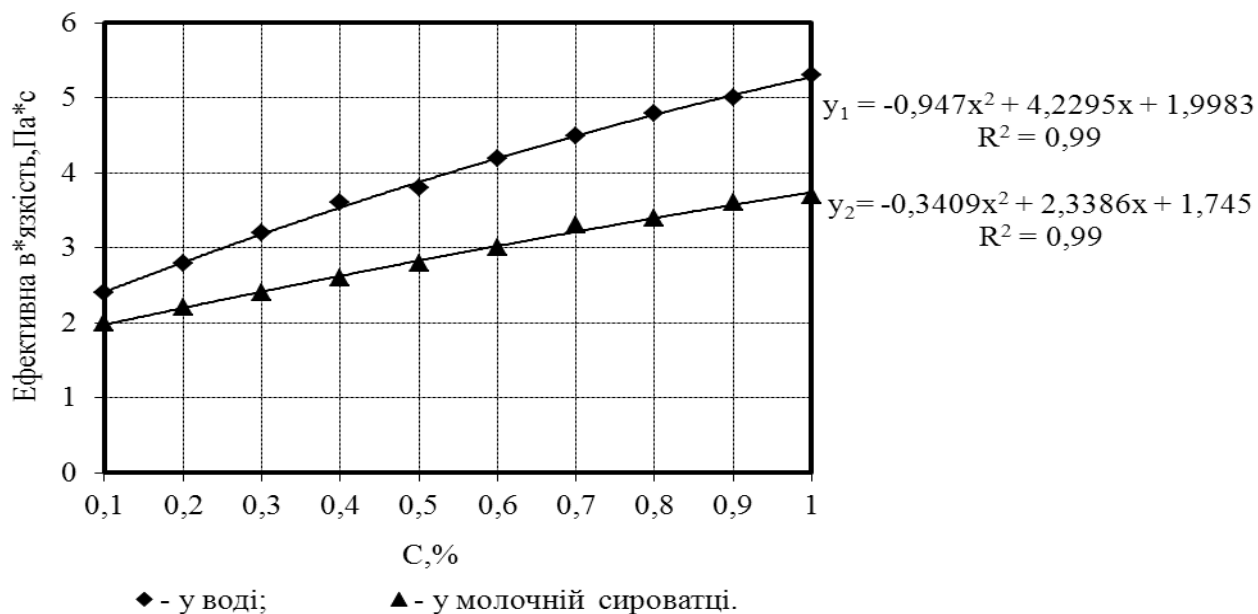


Рисунок 2.32 – Залежність в'язкості гелів гуарової камеді від її масової частки у системі

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що в'язкість розчинів гуарової камеді збільшується із зростанням її масової частки у системі, однак в'язкість розчинів у воді при масовій частці її 1,0% має значення 5,3 Па·с ; у молочній сироватці – 3,8 Па·с. Пояснити це можна тим, що молочна кислота зменшує в'язкість розчинів полісахаридів тим більше, чим нижче значення рН середовища та концентрація полісахаридів. Дослідження впливу молочної кислоти на в'язкість розчинів гуарової камеді у молочній сироватці (порівняно з в'язкістю розчинів гуарової камеді у воді) показують, що присутність цієї кислоти сприяє зменшенню в'язкості, що можна пояснити процесом кислотного гідролізу молекул полісахаридів. Роботами різних вчених встановлено [86, 97, 148], що оптимальна в'язкість системи для отримання продукції з достатньо однорідною консистенцією складає 3,0...3,6 Па·с.

Таким чином, з отриманих результатів можна зробити висновок, що масова частка гуарової камеді у системі на основі молочної сироватки для отримання оптимальної в'язкості 3,0...3,6 Па·с складає 0,6...1,0%.

У зв'язку з тим, що при зберіганні найбільш міцні та стійкі до синерезису гелі утворюються при масовій частці гуарової камеді 0,5...1,0%, то для подальших досліджень приймаємо концентрацію гуарової камеді у системі від 0,8 до 1,0%.

Досліджена залежність ефективної в'язкості гелів від температури. Результати досліджень представлені на рис. 2.33.

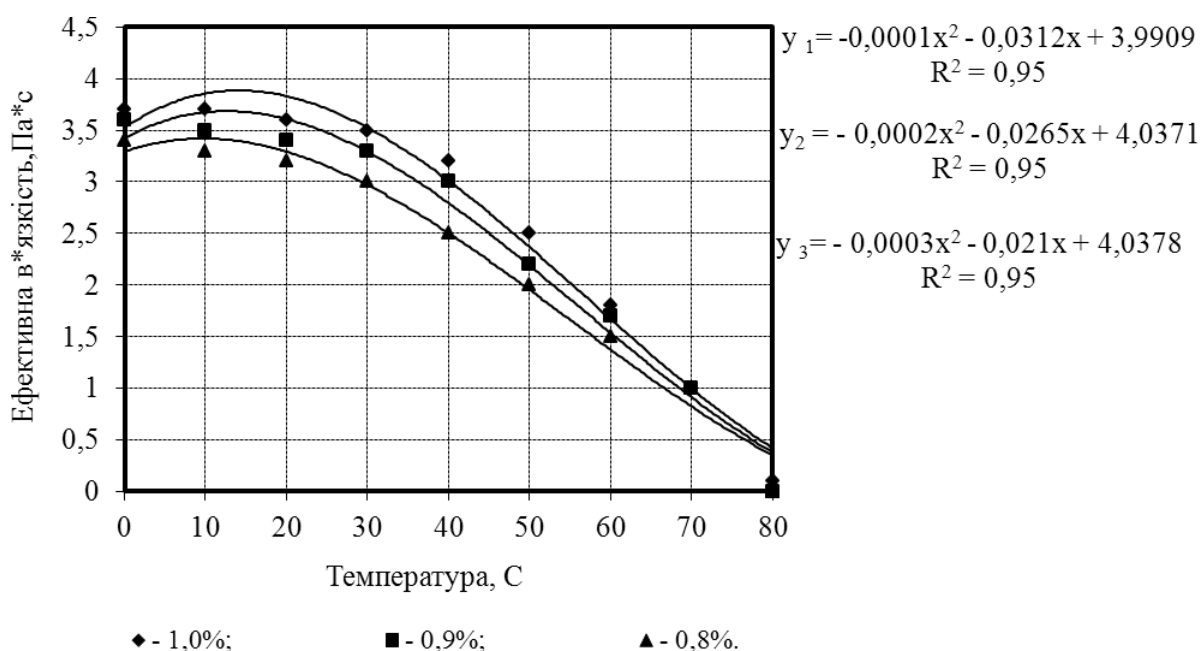


Рисунок 2.33 – Залежність ефективної в'язкості гелів від температури

За даними досліджень встановлено, що в інтервалі температур від 0 до 50°C в'язкість гелів зменшується, а при температурі більш 50°C починається їх плавлення.

Узагальнюючи результати проведених досліджень визначено інтервал допустимої в'язкості гелів гуарової камеді на основі молочної сироватки для отримання однорідної консистенції: $3,3 \text{ Па}\cdot\text{с} < \eta < 3,6 \text{ Па}\cdot\text{с}$, який обмежується допустимим інтервалом температур – 20...25°C.

Таким чином, на підставі отриманих результатів досліджень були визначені технологічні умови розчинення гуарової камеді: температура

рідини складала 60...65°C, при цьому розчинення відбувалося протягом 3·60с. Рекомендована масова частка гуарової камеді у системі на основі молочної сироватки для досягнення раціональної в'язкості 3,0...3,6 Па·с, яка складає 0,8...1,0%.

2.2.5 Дослідження піноутворювальної здатності модельних систем рослинної сировини з гуаровою камеддю

Для підвищення стійкості піни композиційної системи до 100% у склад білково-вуглеводного напівфабрикату введена стабілізаційна система – гуарова камедь, тому необхідним було провести дослідження впливу гуарової камеді на піноутворювальну здатність модельних систем з рослинними наповнювачами. Для досліджень у модельні композиції яєчного білка з рослинними системами: кропива-спориш, кропива-конюшина, кропива-люцерна (при співвідношенні компонентів 1,5:0,5) вносили гуарову камедь в межах, які були встановлені, як раціональні в попередніх дослідженнях (0,8...1,0%). Результати досліджень наведені на рис. 2.34–2.36.

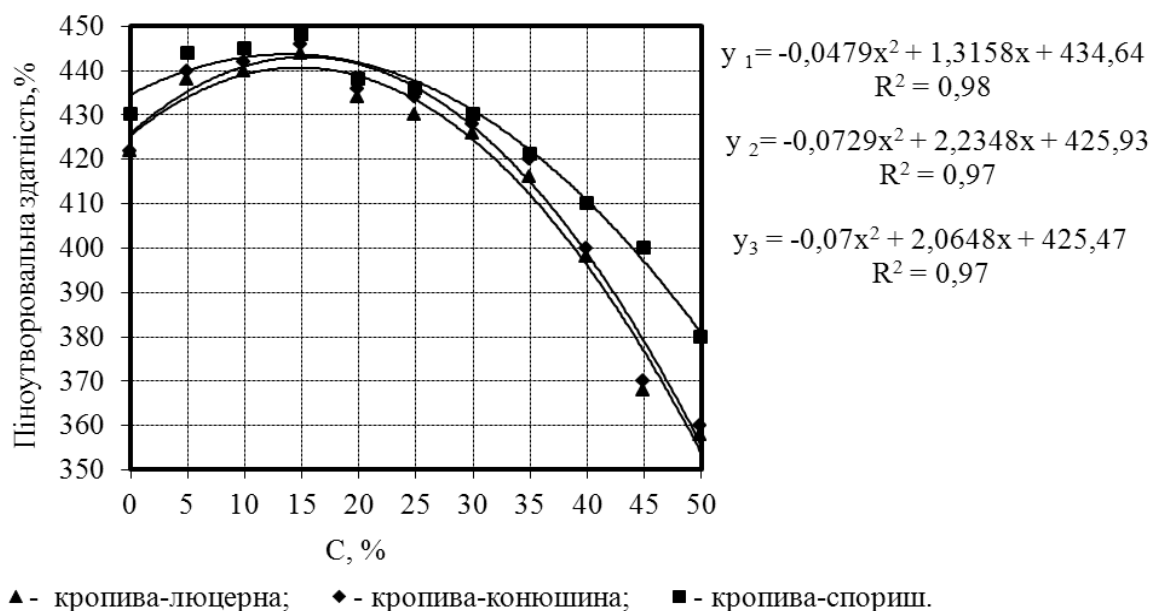
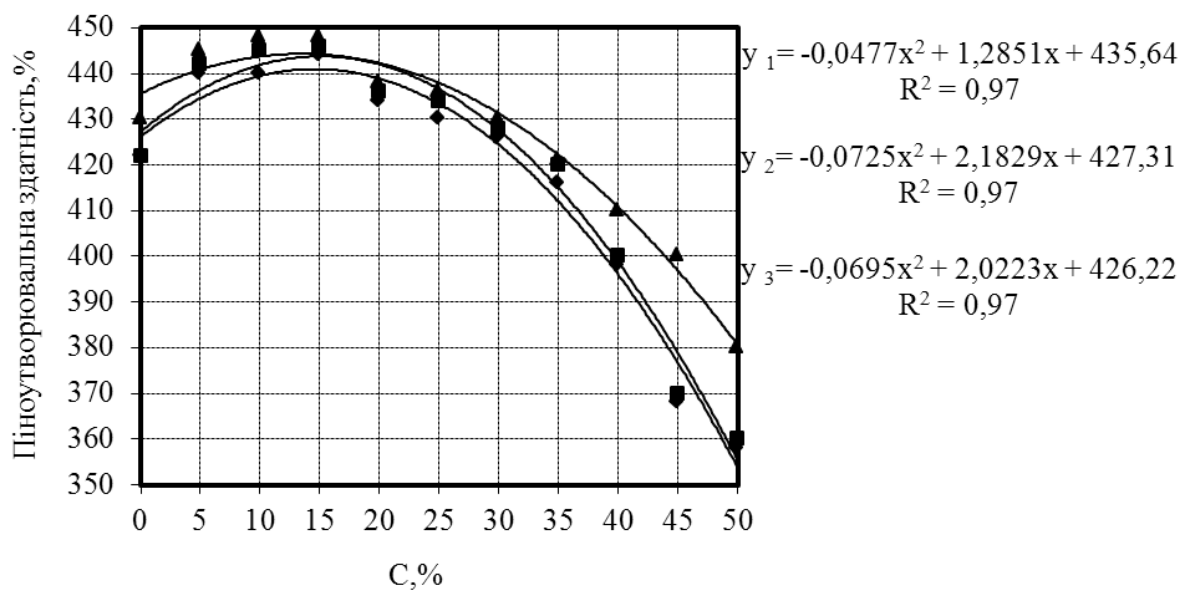
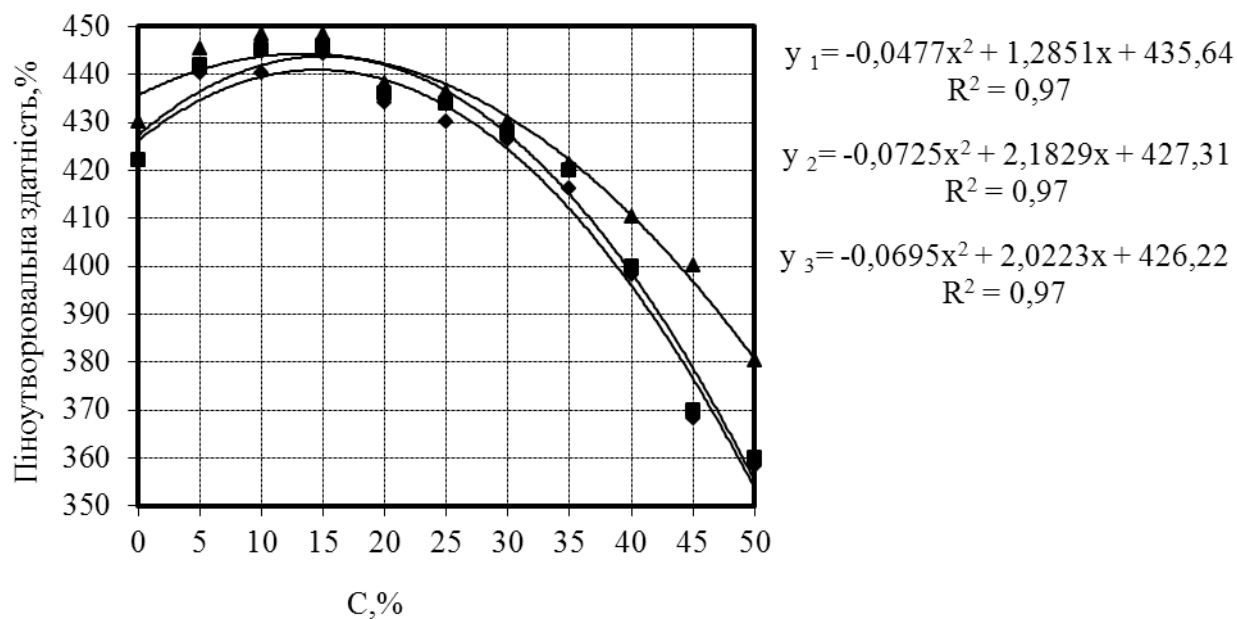


Рисунок 2.34 – Піноутворювальна здатність композицій яєчного білка з рослинними системами при масовій частці гуарової камеді 0,8%



◆ - кропива-люцерна; ■ - кропива-конюшина; ▲ - кропива-спориш.

Рисунок 2.35 – Піноутворювальна здатність композицій яєчного білка з рослинними системами при масовій частці гуарової камеді 0,9%



◆ - кропива-люцерна; ■ - кропива-конюшина; ▲ - кропива-люцерна.

Рисунок 2.36 – Піноутворювальна здатність композицій яєчного білка з рослинними системами при масовій частці гуарової камеді 1,0%

Аналізуючи дані на рис. 2.34–2.36 можна зробити висновок, що додавання гуарової камеді до композицій яєчного білка з рослинними

системами збільшує показники піноутворювальної здатності даної модельної системи. Ці показники змінюються з однаковою закономірністю для всіх систем при масовій частці гуарової камеді від 0,8 до 1,0%.

Підвищення піноутворювальної здатності композицій яєчного білка з рослинними системами при введенні гуарової камеді пояснюється тим, що високомолекулярні сполуки здатні переходити у пінні плівки, утворюючи тиксотропні структури і надаючи їм структурну та механічну міцність [98, 148].

Таким чином, проведені дослідження дозволяють визначити раціональні показники: масову частку рослинної сировини для отримання високих показників ПУ та СП системи - від 5 до 10% при додаванні гуарової камеді в кількості 0,8...1,0%.

2.2.6 Дослідження впливу технологічних факторів на піноутворювальну здатність модельних систем

На наступному етапі з'явилась необхідність досліджень впливу технологічних факторів (рН-середовища, температури, кількості цукру) на поверхнево-активні властивості композицій.

Співвідношення рослинних компонентів в композиціях було визначено раніше по максимальному виявленні поверхнево-активних властивостей – 1,5:0,5. Раціональна кількість рослинної системи в композиціях складає 5...10%.

Значення рН-середовища задавали мікро добавками 0,1%-ного розчину соляної кислоти і 0,1%-ного розчину гідроксиду натрію, температуру підвищували від 20 до 60°C з кроком в 5°C, концентрацію цукру – від 0 до 50%.

Нами вивчалися залежності поверхневого натягу, піноутворювальної здатності та стійкості піни, від перерахованих факторів.

На рис. 2.37 представлені графіки залежності поверхневого натягу систем від перерахованих технологічних факторів.

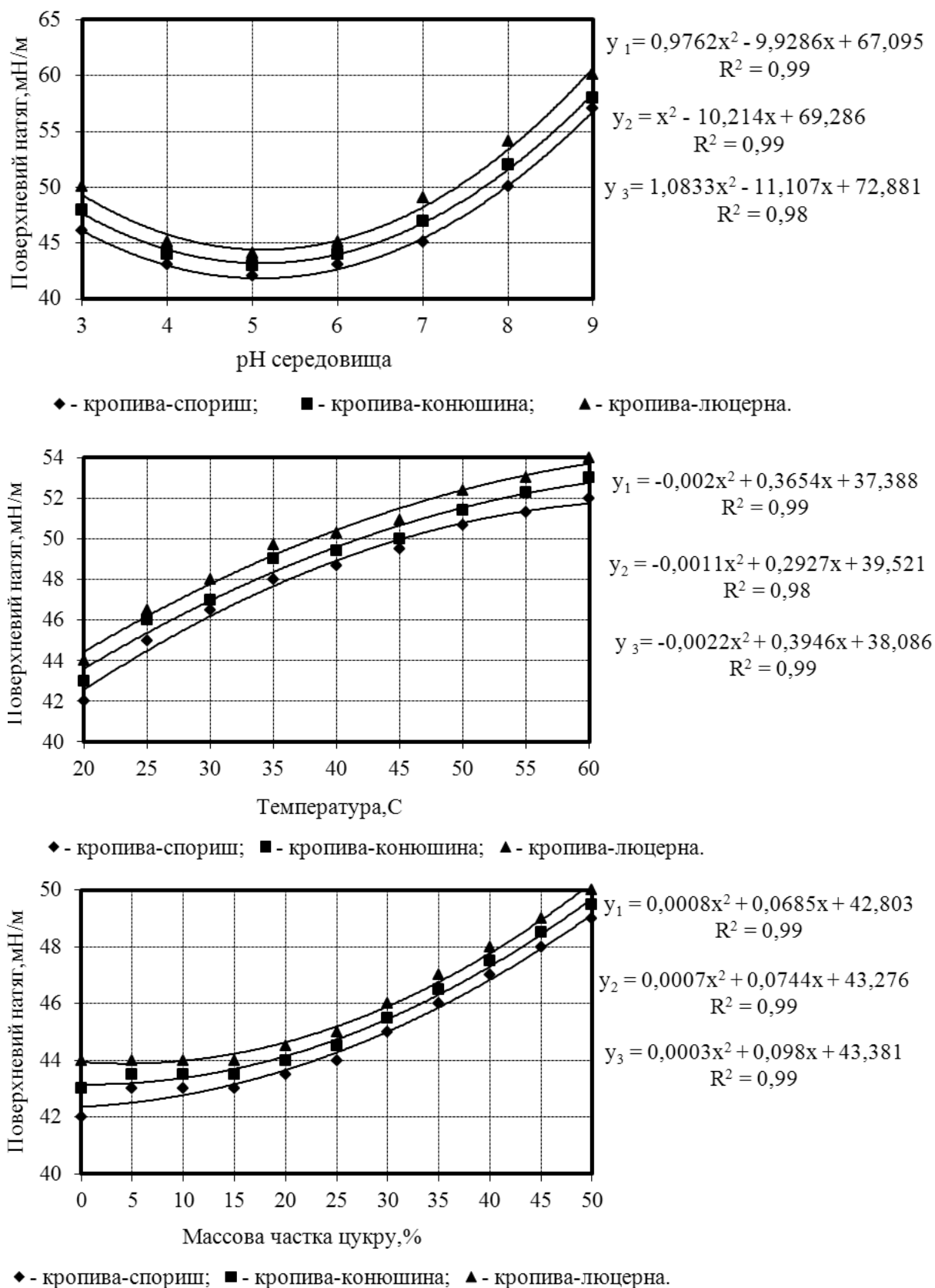


Рисунок 2.37 – Залежність поверхневого натягу від технологічних факторів

Аналіз даних рис. 2.37. свідчить, що для всіх систем спостерігається помітне зниження поверхневого натягу в інтервалі рН 4...6, причому для системи кропива-спориш це зниження виявляється найбільш максимально – на 30...34%, в меншому ступені – системи кропива-конюшина – на 30...32%, ще в меншій – системи кропива-люцерна – на 28...30%. Зниження поверхневого натягу (при рН=5) зі зростанням температури до 60°C поверхневий натяг композицій знижується для всіх систем з однаковою закономірністю – на 25...30%.

При підвищенні масової долі цукру у системах при рН=5 та t=20°C поверхневий натяг підвищується для всіх композицій також з однаковою закономірністю – на 10...15%.

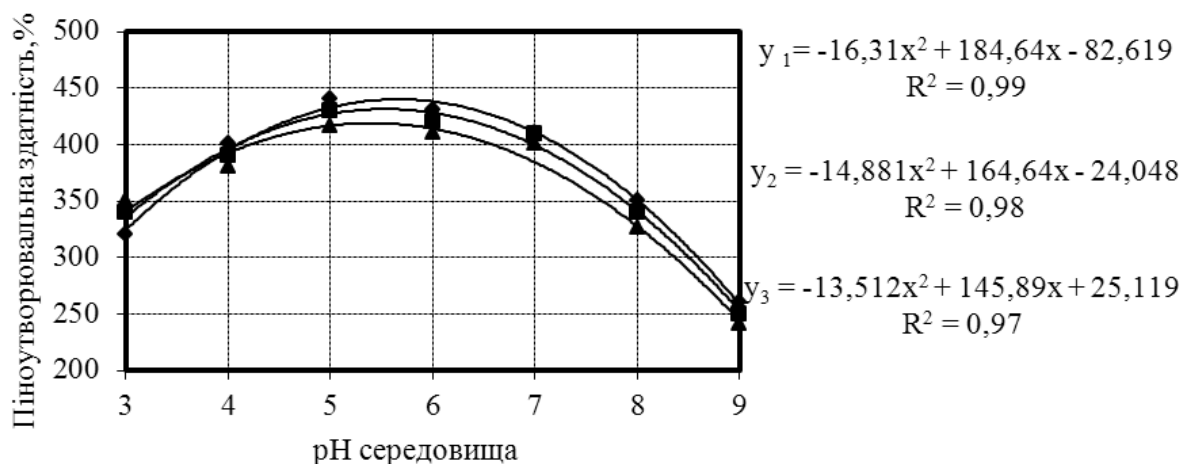
Дослідження піноутворювальної здатності та стійкості піни залежно від технологічних факторів представлені на рис. 2.38 – 2.39.

Аналізуючи проведені дослідження, треба відзначити, що піноутворювальна здатність та стійкість пін модельних систем рослинної сировини при змінюванні рН середовища залишаються оптимальними у діапазоні рН – від 4,0 до 8,0. Причиною зниження піноутворювальної здатності та стійкості пін при зниженні рН нижче 4,0 та підвищенні – вище 8,0 є, відповідно кислотний та лужний гідроліз, зокрема розчинних пектинів, а також денатураційні та гідролізні зміни білків з утворенням продуктів омилення [23, 149].

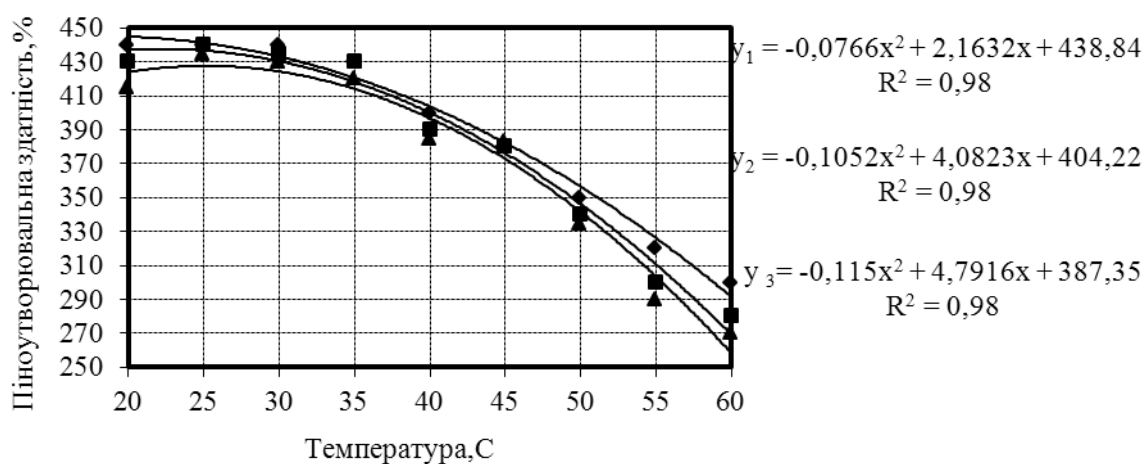
Виявлено, що зростання температури від 20 до 60°C значно впливає на піноутворювальну здатність та стійкість пін в однаковій мірі знижуються зі зростанням температури. Здатність систем до піноутворювання залишається оптимальною при значеннях температури від 0 до 35°C.

Піноутворювальні властивості модельних систем рослинної сировини при підвищенні температури від 35 до 60°C знижується на 18...20%, а стійкість пін – на 65...70%. Зростання масової частки цукру в інтервалі від 0 до 50% при температурі 20°C приводить до зниження показників піноутворювальної здатності та незначно стійкості пін. Незначне зниження

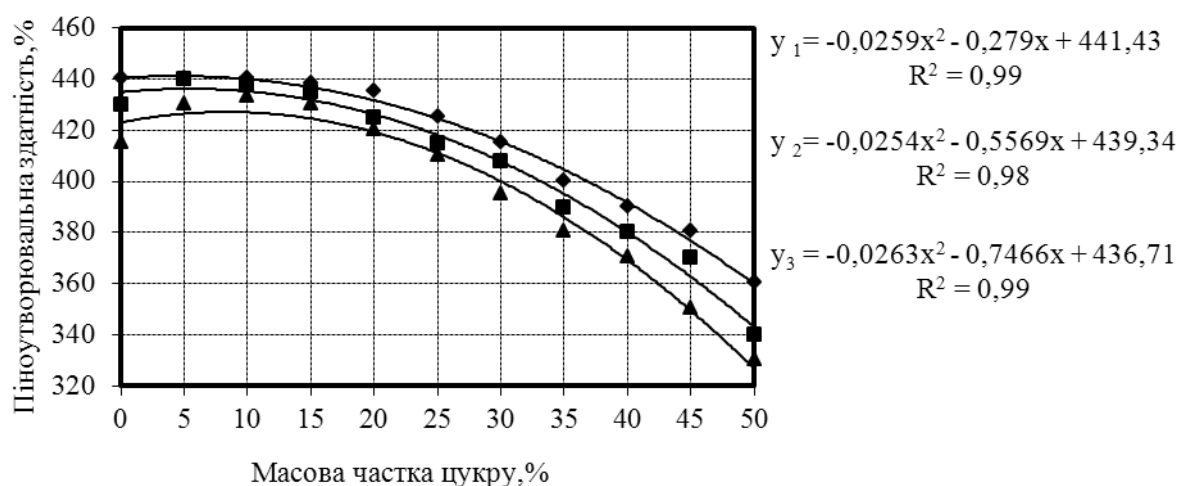
цих показників характерно при масовій долі цукру не більш 25% - для піноутворювальної здатності та стійкості пін.



◆ - кропива-спориш; ■ - кропива-конюшина; ▲ - кропива-люцерна.



◆ - кропива-спориш; ■ - кропива-конюшина; ▲ - кропива-люцерна.



◆ - кропива-спориш; ■ - кропива-конюшина; ▲ - кропива-люцерна.

Рисунок 2.38 – Залежність піноутворювальної здатності модельних систем від технологічних факторів

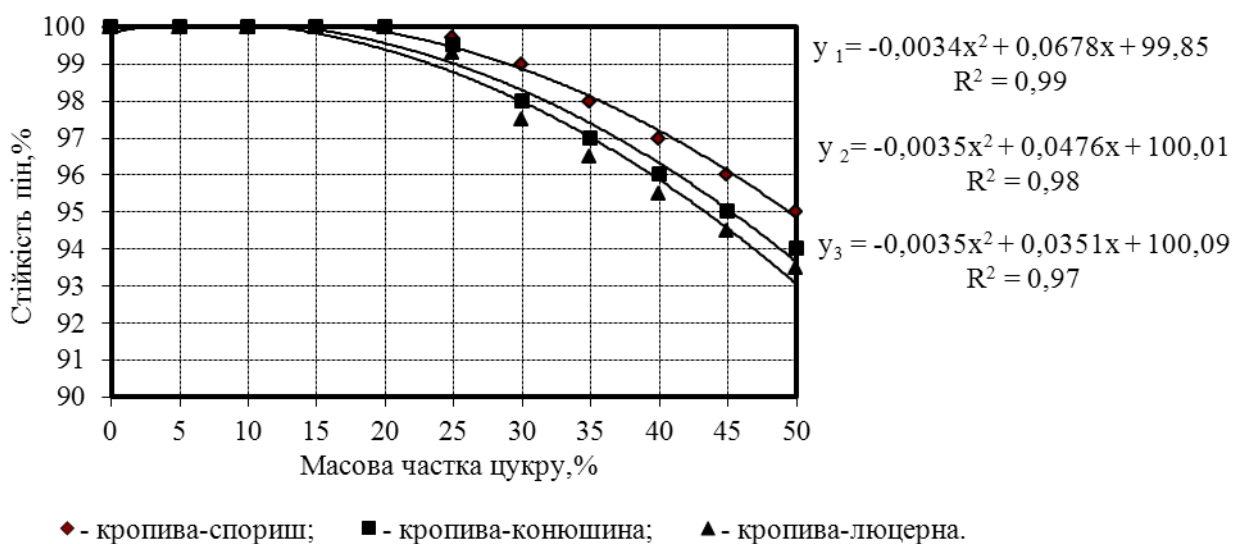
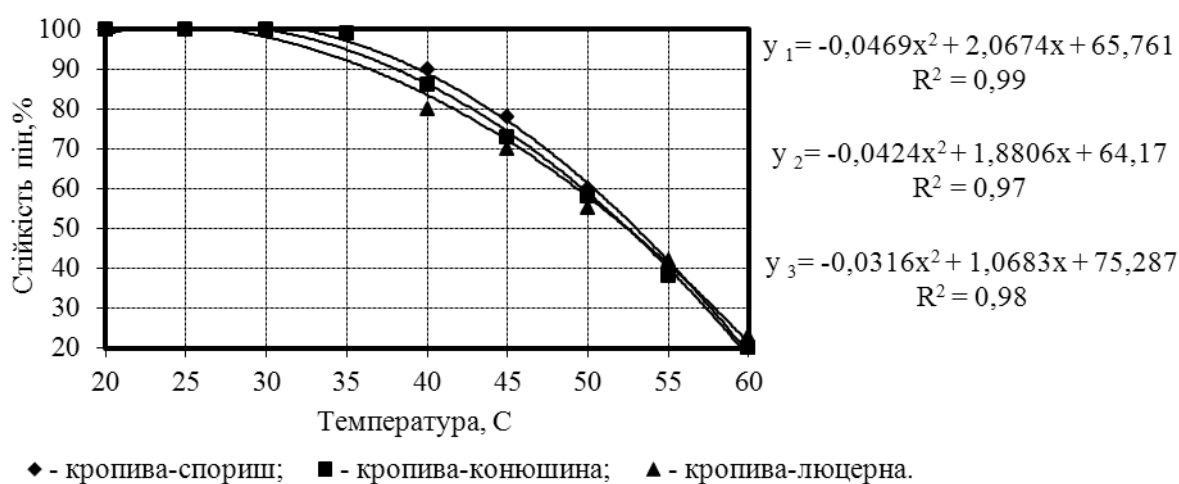
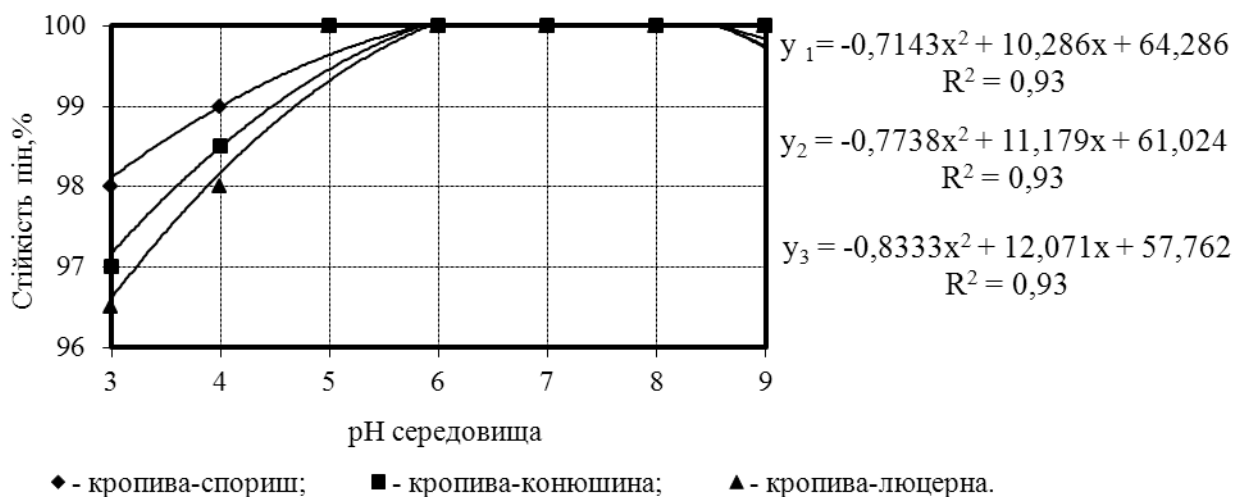


Рисунок 2.39 – Залежність стійкості пін модельних систем від технологічних факторів. 1- кропива-спориш; 2-кропива-конюшина; 3- кропива-люцерна

Подальше зростання масової долі цукру приводить до падіння піноутворювальної здатності модельних систем на 10...15% і стійкості пін – на 5...7% .

Таким чином, проведені дослідження довели, що модельні системи рослинної сировини проявляють максимальні піноутворювальні властивості у діапазоні рН= 5,0, при температурі - до 35°C, масової частки цукру – 25%.

2.2.7 Оптимізація піноутворювальної здатності та стійкості пін від технологічних факторів

Вибір оптимальних значень технологічних параметрів для отримання максимальної піноутворювальної здатності та стійкості пін для модельних систем з рослинними наповнювачами проводили в три етапи.

На першому етапі було проведено центральне композиційне ротатабельне планування (ЦКРП) для кожної із модельних систем (кропива-спориш, кропива-конюшина, кропива-люцерна), які наведені у таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Характеристика ЦКРП

Характеристика планування	Фактори					
	Кодовані значення			Натуральні значення		
	x_1	x_2	x_3	C_1	$C_2, ^\circ\text{C}$	$C_3, \%$
Модельна система кропива-спориш						
Основний рівень (0)	0	0	0	6,0	25,0	10,0
Верхній рівень (+1)	+1	+1	+1	8,0	30,0	15,0
Нижній рівень (-1)	-1	-1	-1	4,0	20,0	5,0
Верхня «зіркова» точка (+ α)	+1,68	+1,68	+1,68	9,36	33,4	18,4
Нижня «зіркова» точка (- α)	-1,68	-1,68	-1,68	2,64	16,6	1,6
Інтервал варіювання	-	-	-	2,0	5,0	5,0
Модельна система кропива-конюшина						
Основний рівень (0)	0	0	0	5,5	25,0	10,0
Верхній рівень (+1)	+1	+1	+1	7,5	28,0	15,0
Нижній рівень (-1)	-1	-1	-1	3,5	22,0	5,0
Верхня «зіркова» точка (+ α)	+1,68	+1,68	+1,68	8,86	30,04	18,4
Нижня «зіркова» точка (- α)	-1,68	-1,68	-1,68	2,14	19,96	1,6
Інтервал варіювання	-	-	-	2,0	3,0	5,0
Модельна система кропива-люцерна						
Основний рівень (0)	0	0	0	5,0	25,0	10,0

Кінець таблиці 2.19

Характеристика планування	Фактори					
	Кодовані значення			Натуральні значення		
	x_1	x_2	x_3	C_1	$C_2, ^\circ\text{C}$	$C_3, \%$
Верхній рівень (+1)	+1	+1	+1	6,5	27,0	15,0
Нижній рівень (-1)	-1	-1	-1	3,5	23,0	5,0
Верхня «зіркова» точка (+ α)	+1,68	+1,68	+1,68	7,52	28,36	18,4
Нижня «зіркова» точка (- α)	-1,68	-1,68	-1,68	2,48	21,64	1,6
Інтервал варіювання	-	-	-	1,5	2,0	5,0

Основними факторами було вибрано: C_1 - рН середовища; C_2 - температура, $^\circ\text{C}$; C_3 – масова доля цукру, %. Рівні та інтервали варіювання факторів було вобрано, спираючись на відому з літературних джерел інформацію [150], а також результати попередніх досліджень. Кодування факторів проводили за співвідношеннями:

$$x_i = \frac{H_i - H_{0i}}{h_i} \quad (2.44)$$

де, H_i – значення i -го фактора в натуральній розмірності;

H_{0i} – значення i -го фактора в натуральній розмірності в центрі експерименту;

h_i – інтервал варіювання i -го фактора, який можна визначити за формулою:

$$h_i = \frac{H_i^+ - H_i^-}{2} \quad (2.45)$$

де, H_i^+ і H_i^- – значення вхідних параметрів відповідно верхньому та нижньому рівнях у натуральній розмірності.

Таким чином, кодування досліджуваних факторів для першої, другої та третьої модельних систем, проводили за співвідношеннями, відповідно:

$$x_1 = (C_1 - 6.0)/2, \quad x_2 = (C_2 - 25)/5, \quad x_3 = (C_3 - 10)/5, \quad (2.46)$$

$$x_1 = (C_1 - 5.5)/2, \quad x_2 = (C_2 - 25)/3, \quad x_3 = (C_3 - 10)/5, \quad (2.47)$$

$$x_1 = (C_1 - 5)/1.5, \quad x_2 = (C_2 - 25)/2, \quad x_3 = (C_3 - 10)/5. \quad (2.48)$$

Критеріями оцінки впливу факторів, тобто функціями відгуку є: y_1 – піноутворювальна здатність, %; y_2 – стійкість піни, %.

Експерименти проводили відповідно до матриці планування та при цьому застосовували рандомізацію експериментів з використанням таблиць випадкових чисел, щоб виключити вплив систематичних похибок, обумовлених зовнішніми умовами. Кожний експеримент виконували у двічі, а однорідність результатів оцінювали за критерієм Кохрена. Обробку результатів ЦКРП проводили за типовою методикою.

На першому етапі з метою скорочення тривалості експериментальних досліджень та зниження витрат на їх реалізацію був використаний план повного факторного експерименту (ПФЕ - 2^3) для вибору найбільш прийнятної форми рівняння регресії. Крім того, у центрі плану було проведено експерименти (№№ 15-20), число яких вибрали з урахуванням можливого у подальшому переходу до планування другого порядку. Паралельні експерименти у центрі плану дозволили визначити, що рівняння регресії першого порядку, отримане за результатами ПФЕ, не може дати задовільного математичного опису модельних систем, і необхідно перейти до планування другого порядку, щоб врахувати оцінки квадратичних ефектів факторів і побудувати адекватну математичну модель.

На другому етапі в результаті опрацювання експериментальних даних, куди було включено і досліди в «зіркових» точках (досліди №№ 9-14), за допомогою кореляційно-регресійного аналізу, було отримано рівняння регресії, які характеризують залежності піноутворювальної здатності y_1 і стійкості піни y_2 від досліджуваних факторів: рН середовища; температури, масової долі цукру.

Статистична обробка експериментальних даних містила в собі обчислення оцінок регресійних коефіцієнтів, перевірку їх вагомості, оцінку відтворюваності експериментів та встановлення адекватності отриманого регресійного рівняння. При цьому використовували статистичні критерії Кохрена, Стюдента і Фішера (при довірчій ймовірності 95%).

Рівняння регресії, що адекватно описують залежності піноутворювальної здатності y_1 і стійкості піни y_2 модельного напівфабрикату для кожної системи від керуючих факторів, мають вигляд:

$$y_1 = 435.71 - 16.09x_1 - 0.25x_2 - 4.18x_3 + 4.375x_1x_2 + 1.875x_1x_3 - 4.375x_2x_3 - 39.18x_1^2 + 8.12x_2^2 + 4.58x_3^3; \quad (2.49)$$

$$y_2 = 86.94 - 0.93x_1 - 0.27x_2 - 0.81x_3 + 0.25x_1x_2 + 0.25x_1x_3 - 0.25x_2x_3 - 4.24x_1^2 + 0.185x_2^2 + 0.185x_3^3; \quad (2.50)$$

$$y_1 = 433.16 - 2.21x_1 + 5.38x_2 - 7.61x_3 - 0.625x_1x_2 - 1.875x_1x_3 - 0.625x_2x_3 - 2.934x_1^2 + 2.55x_2^2 - 2.77x_3^3; \quad (2.51)$$

$$y_2 = 85.626 - 0.32x_1 - 0.67x_2 - 0.37x_3 + 0.125x_1x_2 + 0.125x_1x_3 - 1.125x_2x_3 - 2.75x_1^2 - 0.62x_2^2 - 0.98x_3^3; \quad (2.55)$$

$$y_1 = 430.40 + 2.77x_1 - 1.28x_2 - 7.61x_3 - 1.125x_1x_2 - 0.625x_1x_3 - 1.875x_2x_3 - 9.97x_1^2 + 1.55x_2^2 - 1.99x_3^3; \quad (2.56)$$

$$y_2 = 84.31 + 0.57x_1 - 0.059x_2 - 1.77x_3 - 0.625x_1x_2 - 0.375x_1x_3 - 0.375x_2x_3 - 2.11x_1^2 - 0.87x_2^2 - 1.22x_3^3; \quad (2.57)$$

Графічну інтерпретацію залежності (2.49) у вигляді поверхні відгуку та ліній рівня для першої модельної системи представлено на рис. 2.40.

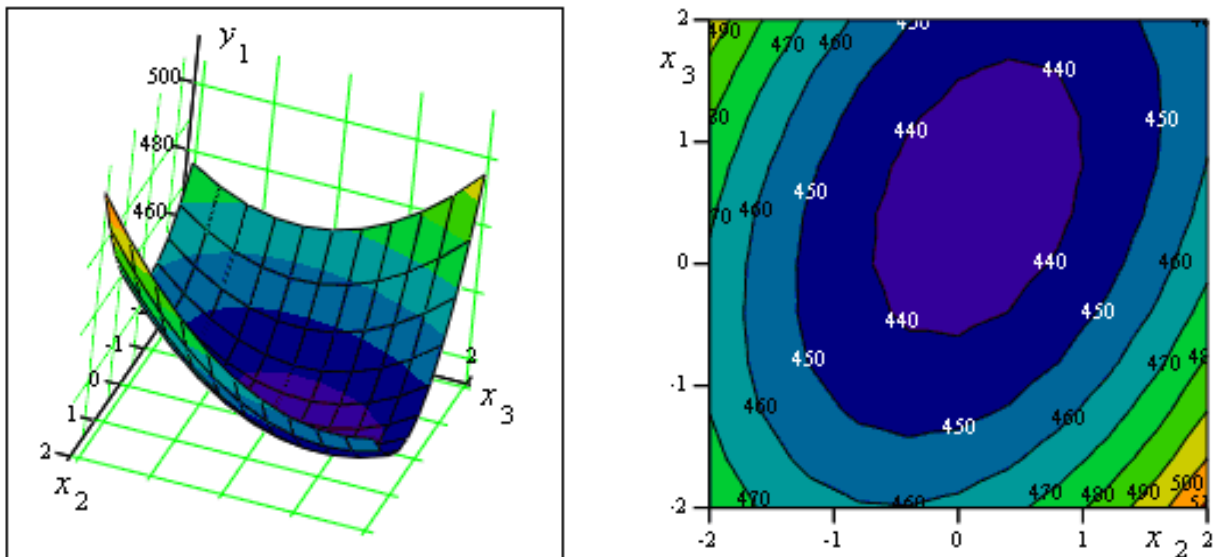


Рисунок 2.40 – Поверхня відгуку та лінії рівня для залежності піноутворювальної здатності від температури і масової частки цукру при фіксованому значенні рН середовища 6,0

Графічну інтерпретацію залежності (2.50) у вигляді поверхні відгуку та ліній рівня для першої модельної системи представлено на рис. 2.41.

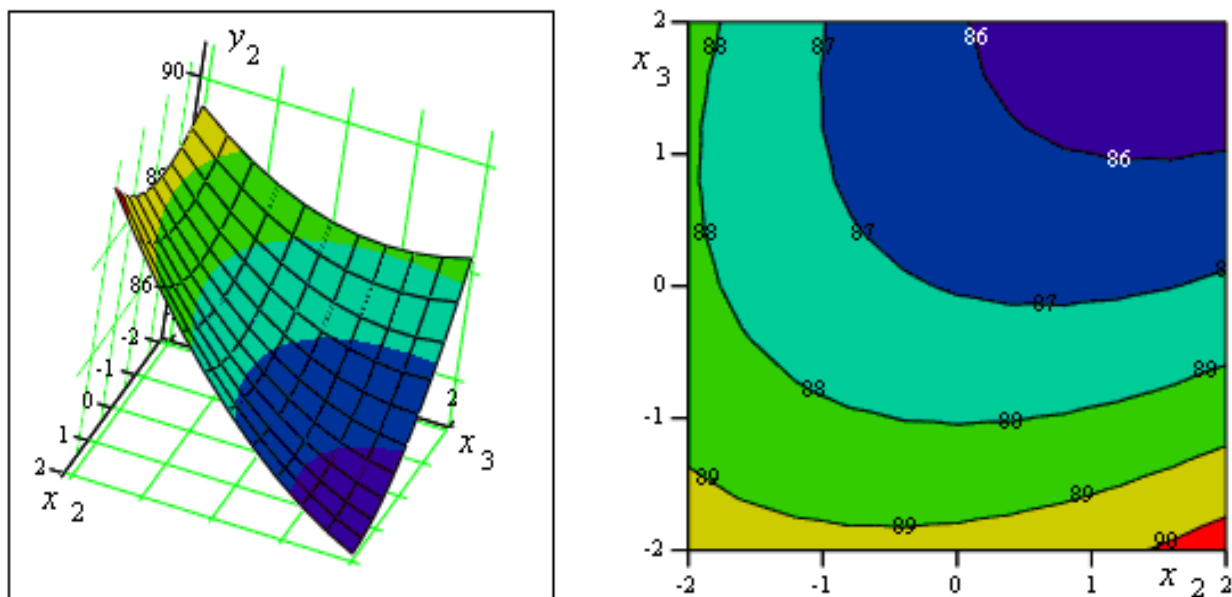


Рисунок 2.41 – Поверхня відгуку та лінії рівня для залежності стійкості піни від температури і масової частки цукру при фіксованому значенні рН середовища 6,0

На рис. 2.42 і 2.43 наведено графічну інтерпретацію аналогічних залежностей для піноутворювальної здатності та стійкості піни для першої модельної системи при фіксованій температурі і вмісту цукру відповідно.

Графічний аналіз двовимірних графіків поверхонь відгуку та ліній рівня показує, що максимальні значення піноутворювальної здатності та стійкості піни знаходяться в області експерименту. Це дозволяє для знаходження екстремумів використати методи класичного аналізу.

У кожному випадку знаходимо оптимальні значення двох показників (піноутворювальної здатності і стійкості піни), які приблизно рівноцінні при визначенні якості напівфабрикату. Тому спочатку розглядали один з них як основний критерій оптимізації, а інший використовували як обмеження. Для пошуку раціональних значень параметрів x_1, x_2, x_3 першу «компромісну» задачу оптимізації сформулювали таким чином. Необхідно знайти значення керуючих факторів, які забезпечують максимум $y_1 = f(x_1, x_2, x_3)$ при заданому

значенні $y_2 = \varphi_1(x_1, x_2, x_3)$. Значення незалежних змінних при цьому повинні знаходитись в області експерименту, границі якої визначаються значенням факторів у «зіркових» точках. Аналітично це може бути записано у вигляді виразу $\varphi_2(x_1, x_2, x_3) = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = R^2$, який у факторному просторі представляє собою сферу радіуса R з центром в центрі експерименту.

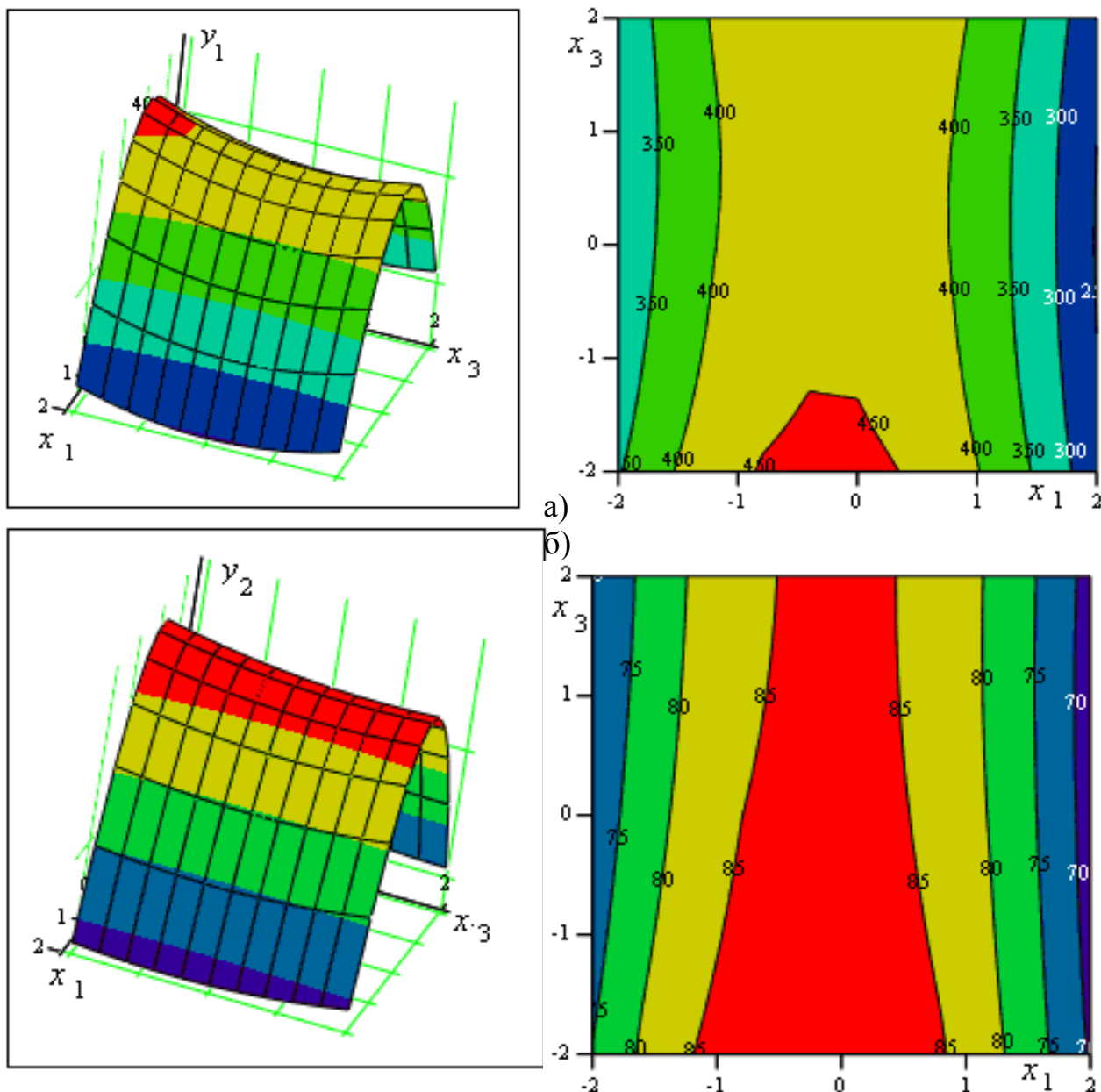
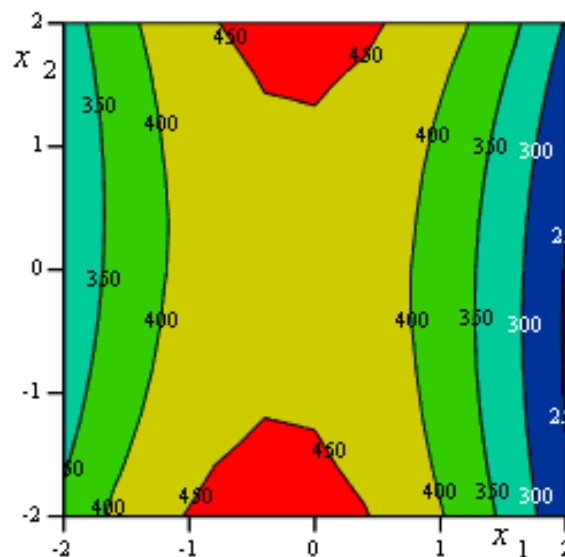
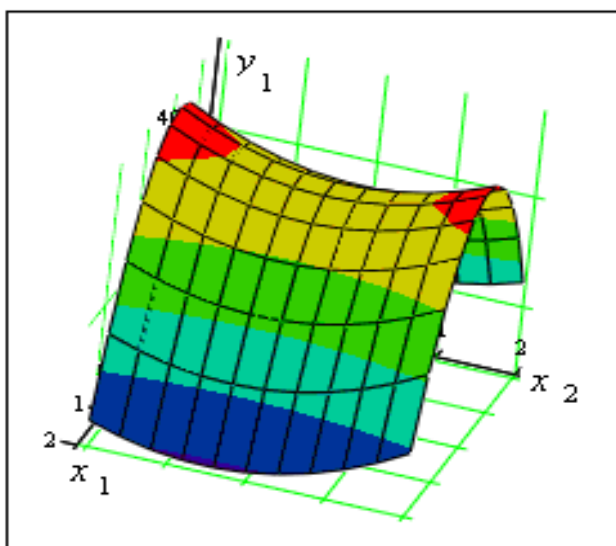
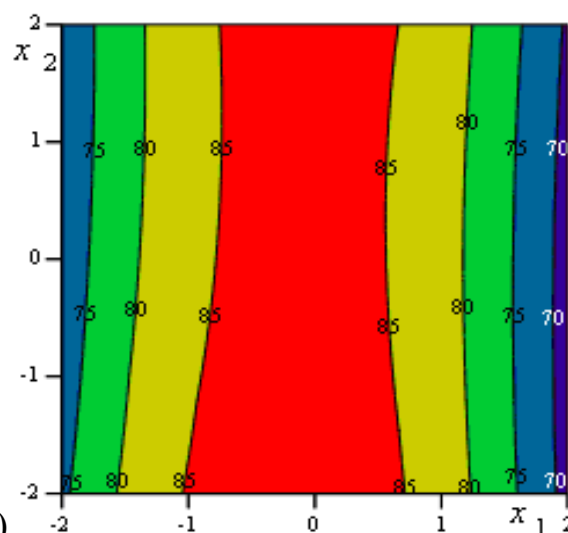
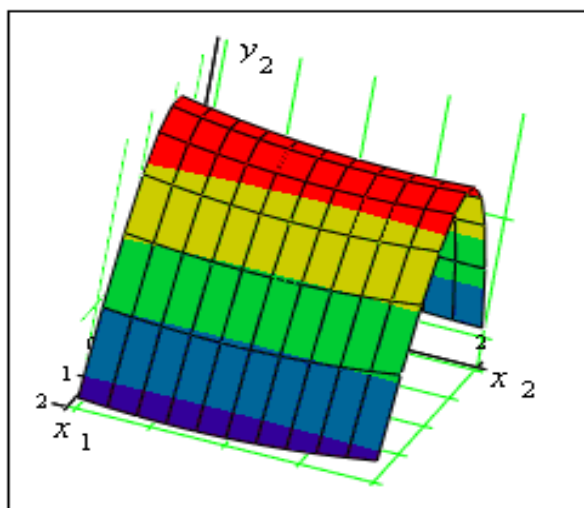


Рисунок 2.42 – Поверхні відгуку та лінії рівня для залежностей (2.49) - а) і (2.50) - б) від температури і масової долі цукру при фіксованому значенні температури 25°C



а)



б)

Рисунок 2.43 – Поверхні відгуку та лінії рівня для залежностей (2.49)- а) і (2.50) - б) від рН середовища і температури при фіксованому значенні масової частки цукру 15%

Таким чином, для другої модельної системи, враховуючи залежності (2.44) і (2.45) отримали задачу нелінійного програмування:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = 433.16 - 2.21x_1 + 5.38x_2 - 7.61x_3 - 0.625x_1x_2 - 1.875x_1x_2 - 0.625x_2x_3 - \\ - 2.934x_1^2 + 2.55x_2^2 - 2.77x_3^3 \rightarrow \max; \\ 85.626 - 0.32x_1 - 0.67x_2 - 0.37x_3 + 0.125x_1x_2 + 0.125x_1x_2 - 1.125x_2x_3 - \\ - 2.75x_1^2 - 0.62x_2^2 - 0.98x_3^3 = y_2; \\ x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = R^2 \end{array} \right. \quad (2.58)$$

Для розв'язування «компромісної задачі застосували метод невизначених множників Лагранжа. Для цього побудували цільову функцію $F_1(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \lambda_2)$, яка представляє собою суму рівняння оптимізації y_1 та відповідних добутків φ_1, φ_2 на множники λ_1, λ_2 :

$$F_1 = 433.16 - 2.21x_1 + 5.38x_2 - 7.61x_3 - 0.625x_1x_2 - 1.875x_1x_3 - 0.625x_2x_3 - 2.934x_1^2 + 2.55x_2^2 - 2.77x_3^3 + \lambda_1(85.626 - 0.32x_1 - 0.67x_2 - 0.37x_3 + 0.125x_1x_2 + 0.125x_1x_3 - 1.125x_2x_3 - 2.75x_1^2 - 0.62x_2^2 - 0.98x_3^3 - y_2) + \lambda_2(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 - R^2) \quad (2.59)$$

Відповідно до обчислювального алгоритму методу Лагранжа побудували систему рівнянь, яка містить частинні похідні цільової функції по всім незалежним змінним та невизначеним множникам Лагранжа:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F_1}{\partial x_1} &= -2.21 - 0.625x_2 - 1.875x_3 - 5.868x_1 + \\ &+ \lambda_1(-0.32 + 0.125x_2 + 0.125x_3 - 5.5x_1) + 2\lambda_2x_1 = 0; \\ \frac{\partial F_1}{\partial x_2} &= 5.38 - 0.625x_1 - 0.625x_3 + 5.1x_2 + \\ &+ \lambda_1(-0.67 + 0.125x_1 - 1.125x_3 - 1.24x_2) + 2\lambda_2x_2 = 0; \\ \frac{\partial F_1}{\partial x_3} &= -7.63 - 1.875x_1 - 0.625x_2 - 5.5x_3 + \\ &+ \lambda_1(-0.37 + 0.125x_1 - 1.125x_2 - 1.96x_3) + 2\lambda_2x_3 = 0; \\ \frac{\partial F_1}{\partial \lambda_1} &= 85.626 - 0.32x_1 - 0.67x_2 - 0.37x_3 + 0.125x_1x_2 + 0.125x_1x_3 - 1.125x_2x_3 - \\ &- 2.75x_1^2 - 0.62x_2^2 - 0.98x_3^3 - y_2 = 0; \\ \frac{\partial F_1}{\partial \lambda_2} &= x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 - R^2 = 0 \end{aligned} \quad (2.60)$$

Для розв'язання отриманої системи рівнянь використали інтегрований пакет MAPLE 13. Значення обчислювали, змінюючи радіус сфери R в діапазоні від 1,628 до 0, та задаючи y_2 по можливості найбільшим.

Характерну частину результатів обчислень наведено в таблиці 2.20:

Таблиця 2.20 – Результати обчислень

№п/п	R	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2
1	1,628	0,43	1,33	0,84	428,371	85
2	1,5	0,44	-1,21	0,76	416,628	85
3	1,1	0,05	0,32	-1,05	440,1939	85
4	0,8	0,47	-0,55	0,34	420,5237	85
5	0,5	0,006	0,48	0,15	435,0633	85

Оптимальним слідє визнати дані зафіксовані у третьому рядку таблиці 3.3, коли значення піноутворюючої здатності набуває максимуму, рівному 440%, а стійкість піни зафіксовано на рівні 85%. Переходячи від кодованих значень факторів до натуральних, отримали раціональні значення компонентів напівфабрикату: $C_1 = 5,6$; $C_2 = 26$; $C_3 = 20$.

Розв'язавши задачу з зафіксованою піноутворюючою здатністю на рівні 440% отримаємо раціональні значення: $C_1 = 6,3$; $C_2 = 27$; $C_3 = 20$. При цьому стійкість піни прийме значення 84%.

Правильність вибору раціональних значень керуючих факторів було підтверджено низкою паралельних експериментів, які показали достатню збіжність результатів.

Отримані рівняння регресії мають практичне значення для розрахунків при виборі раціональних параметрів процесу приготування напівфабрикатів та можуть бути взяті за основу при побудові математичних моделей опису технологічних процесів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ НА ОСНОВІ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ ТА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ЗБИТОЇ ДЕСЕРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

3.1 Обґрунтування та розробка технологічного процесу виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока

3.1.1 Обґрунтування рецептурного складу та технологічного процесу виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока

На основі отриманих в попередньому розділі експериментальних даних та у відповідності до інноваційної стратегії розроблено технологію білково-вуглеводних напівфабрикатів для десертної продукції на основі нежирної молочної сировини з додаванням рослинної сировини. Відмінною рисою даної технології є отримання зі знежиреного молока білково-вуглеводного згустку за допомогою ягідного пюре-коагулянту, переведення у функціональний розчинний стан компонентів білково-вуглеводного згустку та ягідних пюре, що беруть участь у формуванні та стабілізації дисперсної структури напівфабрикатів та продукції на їх основі.

Технологічна схема виробництва білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока представлена на рис. 3.1. Технологічний процес виробництва білково-вуглеводних напівфабрикатів передбачає послідовне виконання наступних операцій [151]:

- приймання та зберігання знежиреного молока та рослинної сировини;
- механічна кулінарна обробка рослинної сировини;
- гідротермічна обробка ягід кизилу при температурі 85...87°C впродовж 60...80 с та ягід терну при температурі 90...92°C впродовж 165...180с;

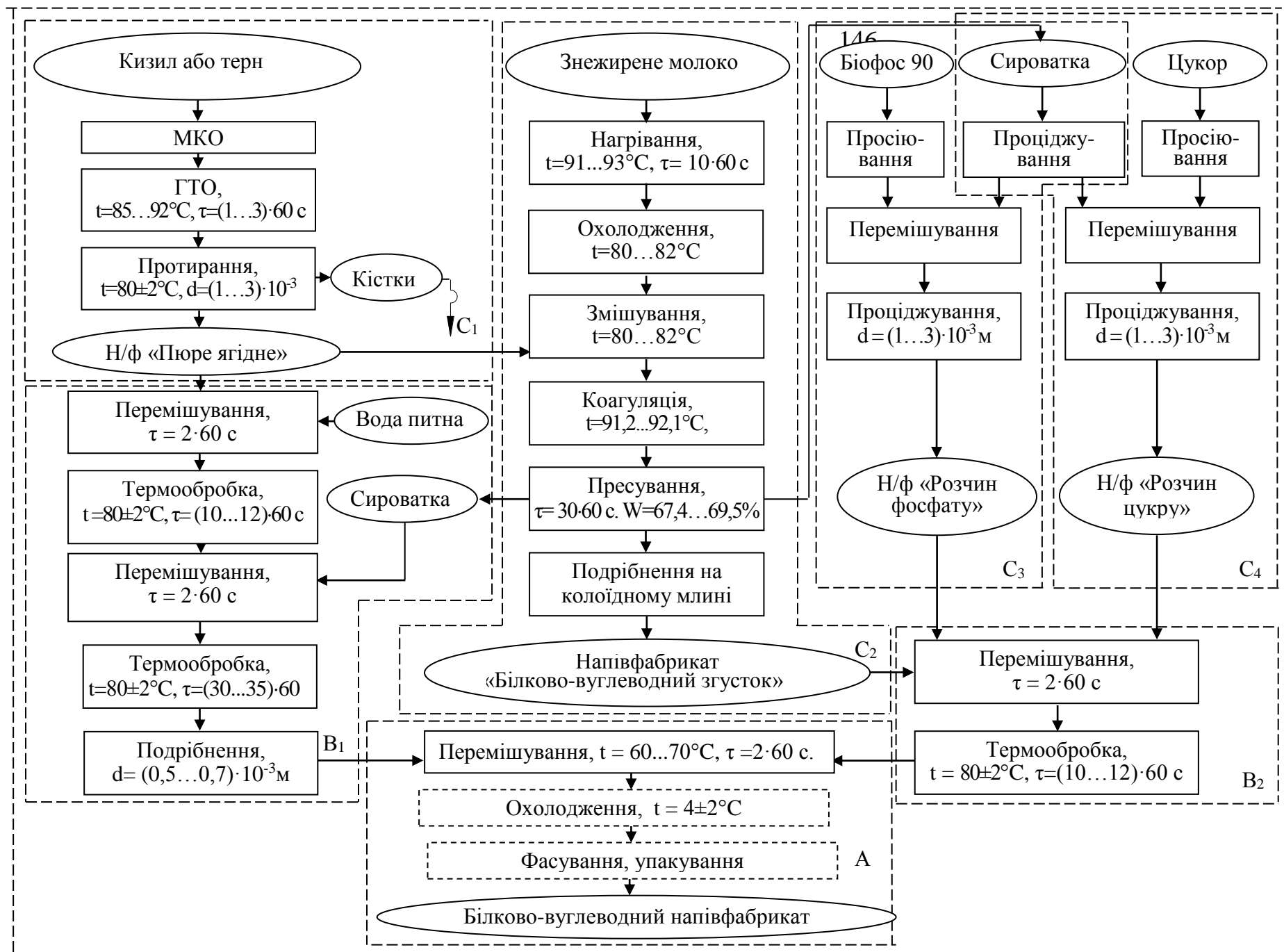


Рисунок 3.1 – Технологічна схема виробництва білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока

- протирання ягід при температурі $80\pm 2^{\circ}\text{C}$ на протиральній машині шнекового типу та охолодження пюре до температури застосування;
- термообробка пюре в присутності води при температурі $80\text{...}82^{\circ}\text{C}$ впродовж $(10\text{...}12)\cdot 60$ с;
- термообробка пюре в присутності сироватки при температурі $80\pm 2^{\circ}\text{C}$ впродовж $30\cdot 60$ с для пюре кизилу та $35\cdot 60$ с для пюре терну;
- подрібнення пюре до розміру часток $(0,5\text{...}0,7)\cdot 10^{-3}$ м;
- нагрівання знежиреного молока до температури $91\text{...}93^{\circ}\text{C}$ впродовж $10\cdot 60$ с та наступне його охолодження до $80\text{...}82^{\circ}\text{C}$;
- внесення $3,3\%$ пюре кизилу або $3,8\%$ пюре терну з температурою $80\text{...}82^{\circ}\text{C}$;
- коагуляція білкових речовин при температурі $91,2\text{...}92,1^{\circ}\text{C}$ впродовж $(12,8\text{...}15,2)\cdot 60$ с;
- охолодження до температури $12\text{...}14^{\circ}\text{C}$;
- відфільтровування згустку та самопресування впродовж $(20\text{...}30)\cdot 60$ с;
- термообробка білково-вуглеводного згустку при температурі $80\pm 2^{\circ}\text{C}$ впродовж $(10\text{...}12)\cdot 60$ с з додаванням $0,90\pm 0,01\%$ розчину фосфату та $7,5\text{...}8,0\%$ розчину цукру;
- змішування білково-вуглеводного згустку та модифікованого ягідного пюре при температурі $60\text{...}70^{\circ}\text{C}$;
- охолодження до температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$, фасування та упакування.

У разі безпосереднього виготовлення та використання білково-вуглеводного напівфабрикату в закладах ресторанного господарства відсутні стадії фасування та упакування.

Вид упаковки та масу фасування визначено на основі проведених маркетингових досліджень споживчого ринку. Передбачено, що готовий напівфабрикат для збитої десертної продукції фасують в поліетиленову упаковку по $0,5\text{...}2,5$ кг, або скляні банки ємністю $0,5\text{...}3,0$ л. Це дозволить

забезпечити формування попиту не тільки в мережі закладів ресторанного господарства, а й в торговельній мережі.

Згідно до представленої на рис 3.1 технологічної схеми розроблено наступний асортимент білково-вуглеводних напівфабрикатів:

- білково-вуглеводна основа «Кизилова»;
- білково-вуглеводна основа «Тернова»;
- білково-вуглеводна основа «Кизилово-тернова».

Технологічний процес виробництва цих напівфабрикатів передбачає виконання всіх операцій, передбачених технологічною схемою виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату, різницю складає лише операція змішування білково-вуглеводного згустку і модифікованої подрібненої ягідної маси. На цьому етапі технологічний процес виробництва БВН «Кизилово-терновий» передбачає внесення до кизилового БВЗ суміші кизилового та тернового пюре у співвідношенні (75...78):(25...22).

Проведені дослідження дозволили розробити рецептурний склад білково-вуглеводних напівфабрикатів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Рецептурний склад білково-вуглеводних напівфабрикатів

Найменування рецептурних компонентів	Витрати сировини на 100 кг готового продукту, кг					
	Білково-вуглеводний напівфабрикат					
	Кизиловий		Терновий		Кизилово-терновий	
	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
Знежирене молоко	358,76	356,97	372,77	370,91	359,66	357,86
Кизил свіжий	26,39	25,07	-	-	17,49	13,20
Терн свіжий	-	-	27,78	26,39	9,91	8,82
Цукор білий	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Суміш Біофос 90	0,646	0,646	0,671	0,671	0,652	0,652
Вода	2,60	2,60	1,80	1,80	2,20	2,20
Всього	-	393,286	-	407,771	-	390,732
Вихід	-	100,00	-	100,00	-	100,00

3.1.2 Дослідження якості білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока

Отримані за наведеною технологічною схемою білково-вуглеводні напівфабрикати є новими нетрадиційними продуктами, що викликає необхідність комплексного дослідження їх якості.

Поняття «якість харчових продуктів» є інтегрованим показником харчової, поживної і біологічної цінності, фізико-хімічних, органолептичних, структурно-механічних, функціонально-технологічних, санітарно-гігієнічних та інших властивостей продукту, а також ступеня їх виразності. Традиційно під поняттям «харчова цінність» розуміють кількісне співвідношення поживних речовин, сумарну енергетичну цінність, органолептичні властивості та біодоступність продукту [152].

Дослідження органолептичних показників, харчової, біологічної цінності та функціонально-технологічних характеристик напівфабрикатів проводили в порівнянні з контрольним зразком, в якості якого було обрано нежирний кисломолочний сир [153].

Даний контроль є найбільш наближеним до білково-вуглеводних напівфабрикатів за хімічним складом. Вологість контролю доводили пресуванням до $70,0 \pm 0,2\%$, яка відповідає вологості білково-вуглеводних напівфабрикатів.

Вивченню органолептичних показників якості напівфабрикатів передували дослідження, спрямовані на встановлення показників якості, що контролюються, та розроблення шкали сенсорної оцінки.

До органолептичних показників якості напівфабрикатів для десертної продукції можна віднести смак, запах, консистенцію, колір та зовнішній вигляд, що формують уявлення споживача про якість, а отже, споживчий попит. Органолептичні показники напівфабрикатів визначалися дегустаційною комісією, до складу якої входили фахівці, що мають підвищену сенсорну чутливість. Результати оцінки надані в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Органолептичні показники напівфабрикатів

Найменування показника	Білково-вуглеводний напівфабрикат			Вимоги ДСТУ 4503:2005 [154]
	Кизиловий	Терновий	Кизилово-терновий	
Консистенція	Пастоподібна, ніжна, пластична, але не текуча, помірно мазка			Однорідна, ніжна, пластична, помірно мазка
Смак та запах	Молочний, кислувато-солодкий, з присмаком кизилу	Молочний, кислувато-солодкий, з присмаком терну	Молочний, кислувато-солодкий, з присмаком кизилу і терну	Характерний кисломолочний, в міру солодкий, з присмаком наповнювача
Колір	Білий, з рожево-біломолочним відтінком, однорідний	Білий, з темно-рожевим відтінком, однорідний	Білий, з рожево-біломолочним відтінком, однорідний	Білий, білий з кремовим відтінком або кольором наповнювача
Зовнішній вигляд	Однорідна маса, без розшарування та сторонніх домішок			Фасовані або формовані вироби різної форми

Аналіз табл. 3.2 показує, що розроблені напівфабрикати за органолептичними показниками з урахуванням застосованих рослинних наповнювачів повною мірою відповідають вимогам нормативного документу. Консистенція білково-вуглеводних напівфабрикатів сприятлива для отримання збитої десертної продукції. Смак та запах характерні для цієї групи продукції.

Високі органолептичні показники білково-вуглеводних напівфабрикатів, на наш погляд, сприятимуть їх широкому застосуванню в технологіях десертної продукції в закладах ресторанного господарства.

Досліджували вміст основних поживних речовин в білково-вуглеводних напівфабрикатах і контролі та розраховували енергетичну цінність (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Характеристика хімічного складу білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока, ($\alpha \leq 0,05$)

Найменування показника	Масова частка, %			
	Контроль, [153]	Білково-вуглеводний напівфабрикат		
		Кизиловий	Терновий	Кизилово-терновий
Сухі речовини	30,00	29,94	30,62	30,15
Протеїн сирий	16,22	10,05	10,20	10,12
Жир сирий	0,54	0,89	1,82	1,26
Вуглеводи	1,62	16,57	17,01	16,91
Зола	1,08	1,84	1,22	1,65
Енергетична цінність, ккал	76,14	114,49	125,22	119,46

На підставі результатів досліджень, які наведені в табл. 3.2, можна зробити висновок, що розроблені напівфабрикати відрізняються високим вмістом білкових речовин, та можуть бути використані для виготовлення страв високої поживної цінності. Порівняно з контролем, білково-вуглеводні напівфабрикати мають менший вміст білкових речовин, що пов'язано з наявністю в напівфабрикатах до 30% рослинної складової, яка збагачує їх вуглеводами. Білково-вуглеводні напівфабрикати містять в 10,23...10,50 рази більше вуглеводів ніж контроль. Слід зазначити, що в білково-вуглеводних напівфабрикатах міститься відповідно 0,56%, 0,42% та 0,51% водорозчинного пектину. Жиру в білково-вуглеводних напівфабрикатах в 1,65...3,37 рази більше ніж у контролю.

На наступному етапі досліджували біологічну цінність білково-вуглеводних напівфабрикатів. З точки зору біологічної цінності продукту, важливим є не тільки вміст білка, але й його якість, що характеризується вмістом і співвідношенням незамінних амінокислот. Висока біологічна цінність розроблених напівфабрикатів, в першу чергу, визначається вмістом молочного білка, що є джерелом всіх незамінних амінокислот в оптимальному співвідношенні. Виходячи з того, що розроблені напівфабрикати відрізняються високим вмістом молочного білка, який піддається значній технологічній обробці, досліджували амінокислотний

склад білка напівфабрикатів. Амінокислотний склад контролю перераховували на вміст 10,02% білка.

Дослідженням амінокислотного складу білково-вуглеводних напівфабрикатів ідентифіковано та кількісно визначено 18 амінокислот (АК), в тому числі всі незамінні, сумарна кількість котрих становить 45,59% від загального вмісту амінокислот для кизилового напівфабрикату, 43,25% для тернового напівфабрикату та 44,53% для кизилово-тернового напівфабрикату, що на 0,38...2,72% вище ніж у контролі. При цьому, співвідношення незамінних та замінних амінокислот становить 1 : 1,20...1,31, що дозволяє характеризувати розроблені білково-вуглеводні напівфабрикати як продукти з високою біологічною цінністю. Результати дослідження амінокислотного складу напівфабрикатів наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Амінокислотний склад білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока, ($\alpha \leq 0,05$)

Найменування амінокислот	Вміст, мг/100 мг (на натуральну речовину)						Контроль, [153]
	Білково-вуглеводний напівфабрикат						
	Кизиловий	% до суми АК	Терновий	% до суми АК	Кизилово-терновий	% до суми АК	
Незамінні амінокислоти (E), в тому числі:	4,50	45,59	4,29	43,25	4,40	44,53	4,30
Валін	0,61	6,18	0,64	6,45	0,63	6,38	0,55
Метіонін	0,46	4,66	0,48	4,84	0,46	4,66	0,27
Лейцин	0,86	8,71	0,89	8,97	0,88	8,91	1,04
Ізолейцин	0,62	6,28	0,61	6,15	0,58	5,87	0,56
Лізин	0,81	8,21	0,63	6,35	0,75	7,59	0,81
Треонін	0,51	5,17	0,44	4,44	0,48	4,86	0,45
Триптофан	0,12	1,22	0,13	1,31	0,12	1,21	0,10
Фенілаланін	0,51	5,17	0,47	4,74	0,50	5,06	0,52
Замінні амінокислоти (N), в тому числі:	5,37	54,41	5,63	56,75	5,48	55,47	5,73
Аланін	0,36	3,65	0,38	3,83	0,37	3,74	0,25
Аргінін	0,86	8,71	0,87	8,77	0,86	8,70	0,45
Аспарагінова кислота	0,68	6,89	0,74	7,46	0,72	7,29	0,56
Гістидин	0,32	3,24	0,33	3,32	0,30	3,04	0,31
Гліцин+Цистин	0,30	3,04	0,26	2,62	0,30	3,04	0,21

Кінець таблиці 3.4

Найменування амінокислот	Вміст, мг/100 мг (на натуральну речовину)						Контроль, [153]
	Білково-вуглеводний напівфабрикат						
	Кизиловий	% до суми АК	Герновий	% до суми АК	Кизилово-герновий	% до суми АК	
Глутамінова кислота	0,89	9,01	0,64	6,45	0,78	7,88	1,84
Пролін	0,92	9,32	0,94	9,48	0,95	9,62	1,13
Серин	0,27	2,74	0,66	6,65	0,48	4,86	0,46
Тирозин	0,77	7,80	0,81	8,17	0,72	7,29	0,52
Загальна кількість амінокислот (Т):	9,87	100,00	9,92	100,0	9,88	100,00	10,03
Значення індексу $I = E/N$	0,84	-	0,76	-	0,80	-	0,75
Значення індексу $I_1 = E/T$	0,46	-	0,43	-	0,45	-	0,42

Визначено, що білково-вуглеводні напівфабрикати, порівняно з контролем, відрізняються більшим вмістом таких незамінних АК як валін, ізолейцин, треонін, триптофан. Вміст лімітуючого для контролю метіоніну в напівфабрикатах в 1,78 рази вищий.

Домінуючими для білково-вуглеводних напівфабрикатів серед незамінних АК є лізин та лейцин, вміст котрих складає 6,35...8,21% та 8,71...8,97% відповідно. Серед замінних амінокислот за кількісним вмістом слід відзначити глутамінову кислоту, вміст котрої в напівфабрикатах складає 6,45...9,01%, що в 2,07...2,86 рази менше, ніж в контролі. Проліну міститься 9,32...9,48%, аргініну – 8,70...8,77%, тирозину – 7,29...8,17%.

Для розроблених напівфабрикатів такі есенціальні амінокислоти, як триптофан, метіонін та лізин, співвідносяться як 1,0 : (3,7...3,8) : (6,3...6,8), що близько до співвідношення цих амінокислот в умовно ідеальному білку, яке становить 1 : 3,5 : 5,5. Для контролю таке співвідношення складає 1,0 : 2,7 : 8,1.

Порівняння індексів I та I_1 показує, що для білково-вуглеводних напівфабрикатів вони вищі, ніж для контролю.

Біологічна цінність білка визначається відповідністю скоря незамінних амінокислот цього білка до стандартної шкали ФАО/ВООЗ.

З метою визначення біологічної цінності білка розроблених напівфабрикатів порівнювали його амінокислотний скор з амінокислотним скором «ідеального білка». Результати досліджень надані в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Амінокислотний скор білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока

Найменування амінокислоти	Ідеальний білок ФАО/ ВООЗ	Білково-вуглеводний напівфабрикат						Контроль, [153]	
		Кизилловий		Терновий		Кизилово-терновий			
	мг/1 г білка	мг/1 г білка	АК скор	мг/1 г білка	АК скор	мг/1 г білка	АК скор	мг/1 г білка	АК скор
Валін	50	61	122	63	126	62	124	55	110
Метіонін	35	46	131	47	134	45	129	27	59
Лейцин	70	86	123	87	124	87	124	104	149
Ізолейцин	40	62	155	60	150	57	143	56	140
Лізин	55	81	147	62	113	74	135	81	147
Треонін	40	51	128	43	108	47	118	45	113
Триптофан	10	12	120	13	130	12	120	10	100
Фенілаланін+ тирозин	60	128	213	125	208	120	200	104	173
Разом:	360	527		500		504		482	

Аналізуючи якісний та кількісний склад незамінних амінокислот, слід відзначити, що вміст амінокислот у білково-вуглеводних напівфабрикатах перевищує їх рівень в ідеальному білку ФАО/ВООЗ, при цьому, лімітуючі АК відсутні. Лімітуючий для контролю метіонін в напівфабрикатах має скор 129...131%.

Для білково-вуглеводних напівфабрикатів скор триптофану, який знаходиться в межах 120...130%, перевищує даний показник для контролю, що можна пояснити наявністю в напівфабрикатах сироваткових білків.

Для біологічно повноцінних білків обов'язковим є не тільки відсутність лімітуючих незамінних амінокислот, але й їх збалансованість.

Визначення збалансованості незамінних амінокислот проводили за «триптофановим» (табл. 3.6) та «треоніновим» індексами (табл. 3.7).

Таблиця 3.6 – Збалансованість незамінних амінокислот білково-вуглеводних напівфабрикатів за «триптофановим» індексом

Найменування амінокислоти	Ідеальний білок ФАО/ВООЗ	Білково-вуглеводний напівфабрикат		
		Кизилловий	Терновий	Кизилово-терновий
Триптофан	1	1	1	1
Валін	4	5	5	5
Метіонін	2...4	4	4	4
Лейцин+ізолейцин	7...10	12	11	12
Лізін+гістидин	3...5	9	7	9
Треонін	2...3	4	3	4
Фенілаланін	2...4	4	4	4

Визначення збалансованості амінокислот за «триптофановим» індексом дало змогу встановити, що лімітуючі амінокислоти відсутні. В цілому, амінокислотний склад добре збалансований, але відмічається незначна перевантаженість за сумою лізину та гістидину і за сумою лейцину та ізолейцину. За «треоніновим» індексом встановлена перевантаженість білку за сумою лізину та гістидину. Виходячи з цього, при виробництві страв та виробів на основі розроблених напівфабрикатів доцільно використовувати продукти з низьким вмістом лізину, гістидину, лейцину та ізолейцину.

Таблиця 3.7 – Збалансованість незамінних амінокислот білково-вуглеводних напівфабрикатів за «треоніновим» індексом

Найменування амінокислоти	Ідеальний білок ФАО/ВООЗ	Білково-вуглеводний напівфабрикат		
		Кизилловий	Терновий	Кизилово-терновий
Треонін	1,0	1,0	1,0	1,0
Валін	1,5	1,2	1,5	1,3
Метіонін	0,7	0,9	1,1	1,0
Лейцин+ізолейцин	3,1	2,9	3,4	3,1
Лізін+гістидин	1,1	2,2	2,2	2,2
Триптофан	0,25	0,24	0,30	0,26
Фенілаланін	1,1	1,1	1,1	1,1

Також біологічна цінність продукту характеризується ступенем протеолізу його білків ферментами шлунково-кишкового тракту. З цією метою досліджували швидкість розщеплення білків розроблених

напівфабрикатів харчовими протеїназами за умов, коли доступність пептидних зв'язків, що атакуються, визначається не тільки властивостями білка, а й структурно-механічними властивостями та хімічним складом зразка. Таких умов досягали послідовним впливом на білково-вуглеводні напівфабрикати протеїназ пепсину та трипсину за умов виведення продуктів гідролізу діалізом, що дозволяє запобігти уповільненню дії їстівних ферментів низькомолекулярними пептидами та вільними амінокислотами. Результати дослідження надані в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Ступінь протеолізу білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока, ($\alpha \leq 0,05$)

Найменування зразка	Вміст білка в зразку, %	Кількість розчинних продуктів гідролізу білка (мг тирозину на 1 г білка в продукті)		
		Пепсиноліз	Трипсиноліз	Пепсиноліз + трипсиноліз
Кизилловий	10,05	37,9	34,1	72,0
Терновий	10,20	37,0	32,9	69,9
Кизилово-терновий	10,12	37,4	33,4	70,8
Контроль	16,22	25,3	24,5	49,8

З даних табл. 3.8 видно, що ступінь протеолізу білків білково-вуглеводних напівфабрикатів пепсином вищий, ніж трипсином. Слід зазначити, що для білка напівфабрикатів, при більшому на 20,00...30,00% вмісті триптофану та на 38,46...55,77% тирозину, перетравлення значно перевищує контроль. Це пов'язано з вуглеводною складовою напівфабрикатів.

Таким чином, комплекс попередніх досліджень дав змогу віднести розроблені білково-вуглеводні напівфабрикати на основі знежиреного молока до продуктів з високим вмістом білка (більше 10%). Білки напівфабрикатів є повноцінними, достатньо збалансованими, що, поряд з визначеним ступенем протеолізу, свідчить про високу біологічну цінність розроблених напівфабрикатів. Це дозволяє рекомендувати включення продукції на основі білково-вуглеводних напівфабрикатів в дефіцитні на

білок раціони. Також слід зазначити, що білки напівфабрикатів володіють аліментарною специфічністю, так як зменшують активність хімічних реакцій в організмі.

Використання у складі білково-вуглеводних напівфабрикатів знежиреного молока та ягідних пюре зумовлює необхідність дослідження мінерального (табл. 3.9) та вітамінного складу (табл. 3.11) цих напівфабрикатів.

Таблиця 3.9 – Характеристика мінерального складу білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока

Найменування показника	Білково-вуглеводний напівфабрикат на основі знежиреного молока			Контроль, [153]
	Кизилловий	Терновий	Кизилово-терновий	
Макроелементи, мг/кг				
Кальцій (Ca)	2100±40	2180±40	2160±40	1080
Магній (Mg)	1330±30	1320±30	1320±30	216
Фосфор (P)	2470±50	2530±50	2520±50	1730
Калій (K)	2500±50	2480±50	2500±50	1050
Натрій (Na)	810±20	750±20	800±20	396
Мікроелементи, мг/кг				
Марганець (Mn)	0,092±0,002	0,048±0,001	0,068±0,001	0,073
Ферум (Fe)	2,700±0,054	1,120±0,022	1,880±0,038	2,703
Купрум (Cu)	0,112±0,002	0,150±0,003	0,139±0,003	0,541
Цинк (Zn)	16,330±0,327	12,360±0,247	14,010±0,280	3,279

При дослідженні зольного залишку білково-вуглеводних напівфабрикатів контролювали макро- і мікроелементи, що характерні для виробів на молочній основі. Слід відзначити, що напівфабрикати за рахунок вмісту рослинної складової перевищують контроль за вмістом макроелементів, та є продуктами з високим вмістом таких важливих елементів, як кальцій, фосфор, магній.

Розраховано збалансованість хімічного складу білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Розрахунок збалансованості хімічного складу білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока

Найменування показника	Оптимально, [152]	Білково-вуглеводний напівфабрикат на основі знежиреного молока		
		Кизиловий	Терновий	Кизилово-терновий
Білки : жири : вуглеводи (Б:Ж:В)	1:(0,7...0,9):(4...5)	1:0,1:1,7	1:0,2:1,7	1:0,13:1,7
Кальцій : магній (Са:Mg)	1 : (0,50...0,65)	1:0,63	1 : 0,61	1:0,61
Кальцій : фосфор (Са:P)	1 : (1,0...1,5)	1 : 1,18	1:1,16	1:1,17
Кальцій :фосфор: магній (Са:P:Mg)	1 : 1,0 : 0,5	1:1,18:0,63	1:1,16:0,61	1:1,17:0,61
Калій : натрій (К:Na)	1:2	1:0,32	1:0,30	1:0,32

Зіставлення показників хімічного складу та визначення їх співвідношення показує (табл. 3.10), що в розроблених БВН витримуються такі показники збалансованості хімічного складу, як співвідношення Са:Mg, що зумовлює високе всмоктування кальцію, та співвідношення Са:P, що попереджає утворення розчинних солей, які вилугуюються з кісткової тканини. Порухення співвідношення К : Na не зменшує харчової цінності напівфабрикатів, так як ці елементи не є дефіцитними нутрієнтами при різноманітному харчуванні.

Співвідношення Б:Ж:В показує, що розроблені напівфабрикати є білковим продуктом з низьким вмістом жиру та середнім вмістом вуглеводів. Тому, при виробництві страв та виробів на основі розроблених напівфабрикатів доцільно використовувати продукти з підвищеним вмістом вуглеводів, тобто, фрукти та ягоди.

Аналіз вітамінного складу білково-вуглеводних напівфабрикатів свідчить, що вони мають вищу за контроль вітамінну цінність, є гарним джерелом водорозчинних вітамінів та вітаміну А. Рослинна складова напівфабрикатів забезпечує в 1,73...1,95 рази вищий вміст вітаміну С.

Таблиця 3.11 – Характеристика вітамінного складу білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока, ($\alpha \leq 0,05$)

Найменування показника	Вміст, мг/100 г			Контроль, [153]
	Білково-вуглеводний напівфабрикат			
	Кизилловий	Терновий	Кизилово-терновий	
Вітамін А (ретинол)	0,03	0,02	0,02	0,01
β -Каротин	0,15	0,06	0,13	-
Вітамін В ₁ (тіамін)	0,05	0,08	0,07	0,04
Вітамін В ₂ (рибофлавін)	0,28	0,35	0,31	0,23
Вітамін РР (ніацин)	0,45	0,50	0,48	0,41
Вітамін С, в тому числі:	0,88	0,78	0,83	0,45
аскорбінова кислота	0,17	0,15	0,14	-
дегідроаскорбінова кислота	0,71	0,63	0,69	-

З метою дослідження показників мікробної безпеки білково-вуглеводних напівфабрикатів та їх зміни при зберіганні були проведені дослідження з визначення КМАФАМ, БГКП, стафілококів, сальмонел, пліснявих грибів та дріжджів через 24, 48 та 72 години зберігання за температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$ (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 – Динамічна характеристика мікробної безпеки білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока

Найменування показника	Норма, [154-156]	Вміст мікроорганізмів, КУО /1 г, не більше		
		через 24·3600 с	через 48·3600 с	через 72·3600 с
Білково-вуглеводний напівфабрикат кизилловий				
БГКП в 0,001 г	не дозволено	не виявлено		
Staph. aureus в 0,01 г	не дозволено	не виявлено		
Кількість дріжджів	50	8	12	19
Кількість пліснявих грибів	50	6	10	16
КМАФАМ	$1 \cdot 10^5$	$3,4 \cdot 10^2$		
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. сальмонели	не дозволено	не виявлено		
Білково-вуглеводний напівфабрикат терновий				
БГКП в 0,1 г	не дозволено	не виявлено		
Staph. aureus в 0,01 г	не дозволено	не виявлено		

Кінець таблиці 3.12

Найменування показника	Норма, [155-157]	Вміст мікроорганізмів, КУО /1 г, не більше		
		через 24·3600 с	через 48·3600 с	через 72·3600 с
Кількість дріжджів	50	5	11	16
Кількість пліснявих грибів	50	3	7	12
КМАФАМ	$1 \cdot 10^5$	$1,9 \cdot 10^2$		
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. сальмонели	не дозволено	не виявлено		
Білково-вуглеводний напівфабрикат кизилово-терновий				
БГКП в 0,1 г	не дозволено	не виявлено		
Staph. aureus в 0,01 г	не дозволено	не виявлено		
Кількість дріжджів	50	8	15	21
Кількість пліснявих грибів	50	6	11	17
КМАФАМ	$1 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^2$		
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. сальмонели	не дозволено	не виявлено		

Наведені в табл. 3.12 результати досліджень засвідчують, що, за умови дотримання санітарно-гігієнічних вимог до процесу виробництва та відповідності сировини вимогам нормативної документації, при контрольованих термінах та умовах зберігання, в розроблених напівфабрикатах мікроорганізми санітарно-показових, умовно-патогенних груп та групи патогенних мікроорганізмів не виявлені. Кількість мікроорганізмів групи псування та КМАФАМ не перевищує допустимих рівнів вмісту впродовж 3 діб.

Таким чином, виготовлені білково-вуглеводні напівфабрикати за мікробіологічними показниками відповідають вимогам чинних МБТ и СН № 5061 [156], та зберігають мікробіологічну нешкідливість впродовж 3 діб, що дозволило визначити термін зберігання напівфабрикатів при температурі $4 \pm 2^\circ\text{C}$ впродовж 72 годин з моменту виготовлення.

В розроблених білково-вуглеводних напівфабрикатах досліджували вміст важких металів (табл. 3.13).

Таблиця 3.13 – Результати токсикологічних досліджень білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока

Найменування показника	Гранично допустима концентрація, мг/кг [154, 156]	Фактичний вміст, мг/кг		
		Білково-вуглеводний напівфабрикат		
		Кизиловий	Терновий	Кизилово-терновий
Свинець (Pb)	0,3	0,265±0,006	0,206±0,004	0,225±0,005
Кадмій (Cd)	0,2	0,115±0,002	0,129±0,003	0,117±0,002
Миш'як (As)	0,2	Сліди	Сліди	Сліди
Ртуть (Hg)	0,02	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Купрум (Cu)	4,0	0,112±0,002	0,150±0,003	0,139±0,003
Цинк (Zn)	50,00	16,330±0,327	12,360±0,247	14,010±0,280

Встановлено, що білково-вуглеводні напівфабрикати за вмістом важких металів не перевищують гранично допустимі концентрації, є хімічно нешкідливими, та відповідають вимогам нормативної документації.

3.1.3 Дослідження функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока

Як було зазначено, якість продукту також характеризується його функціонально-технологічними властивостями. ФТВ білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока досліджували в динаміці при зберіганні за такими показниками, як ПУЗ та СП. Для цього напівфабрикати згідно інноваційної стратегії нагрівали до температури 80...82°C, охолоджували та збивали. Отримані результати наведені на рис. 3.2.

Динамічні дослідження ФТВ показали, що під час зберігання ПУЗ та СП білково-вуглеводних напівфабрикатів зменшуються у незначному ступені. При цьому зменшення ПУЗ за 72 години зберігання склало 7,08...8,10%, а СП – 3,94...4,67%.

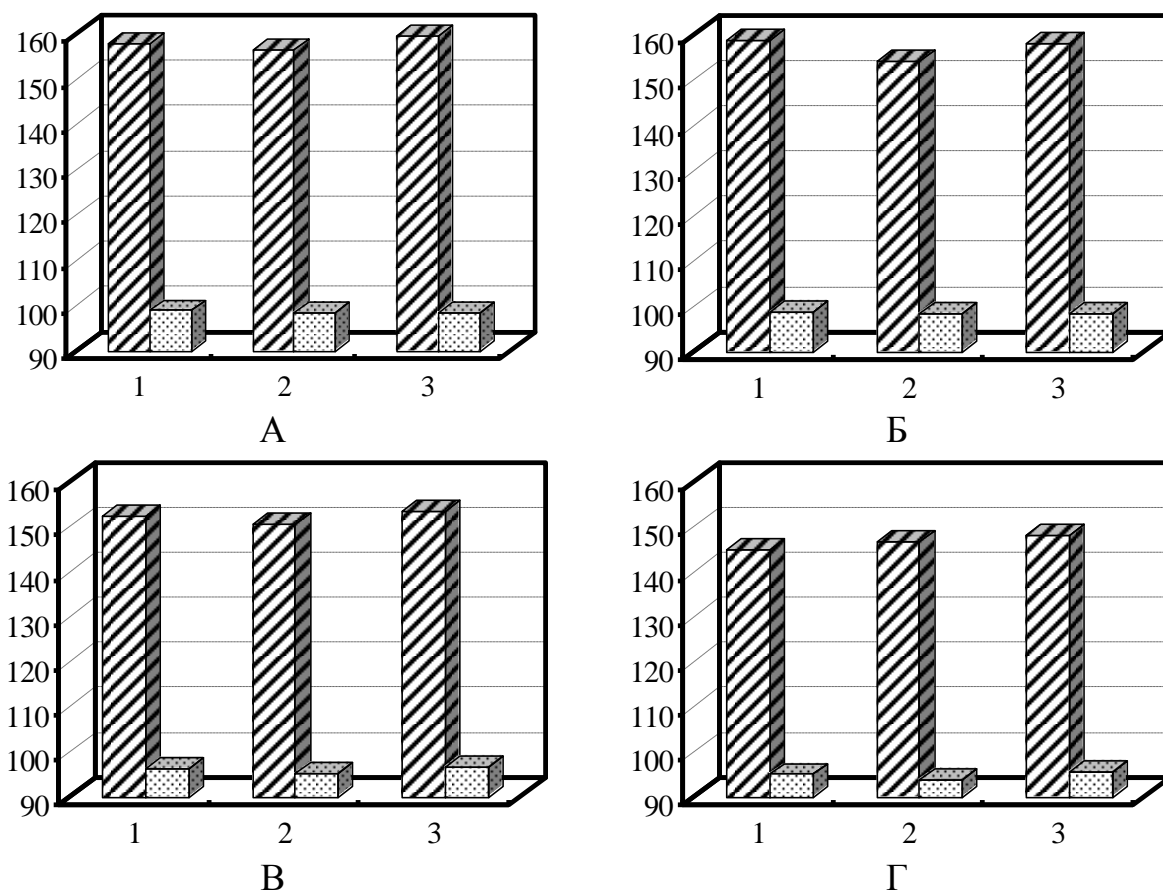


Рисунок 3.2 – Дослідження піноутворювальної здатності та стійкості піни свіжовироблених зразків (А), після 24 годин зберігання (Б), після 48 годин зберігання (В), після 72 годин зберігання (Г) за температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$:

▨, ▩ – відповідно піноутворювальна здатність та стійкість піни;

1 – кизилловий БВН, 2 – терновий БВН, 3 – кизилово-терновий БВН

З метою порівняння ФТВ напівфабрикатів та традиційної десертної продукції, визначали ПУЗ та СП у мусу виготовленого за традиційною технологією (рецептура № 963) [157], що склали: ПУЗ – 143,8%, СП – 55,5%. Встановлено, що білково-вуглеводні напівфабрикати мають вищі на 10,00...10,99% ПУЗ та на 77,66...78,38% СП, порівняно з мусом.

Не менш важливими показниками якості розроблених напівфабрикатів є їх структурно-механічні властивості. Досліджували зміну ефективної в'язкості напівфабрикатів в діапазоні швидкостей зсуву від $1,8\text{ c}^{-1}$ до $243,0\text{ c}^{-1}$ для свіжовироблених зразків та зразків, що зберігались за температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ впродовж 24, 48 та 72 годин.

Результати досліджень зміни ефективної в'язкості білково-вуглеводних напівфабрикатів під час зберігання (рис. 3.3) показують, що за час зберігання впродовж 72 годин в'язкість напівфабрикатів за швидкості зсуву $1,8 \text{ c}^{-1}$ збільшується на 45,92...50,59%. Це, на нашу думку, і спричиняє зменшення ПУЗ напівфабрикатів при зберіганні.

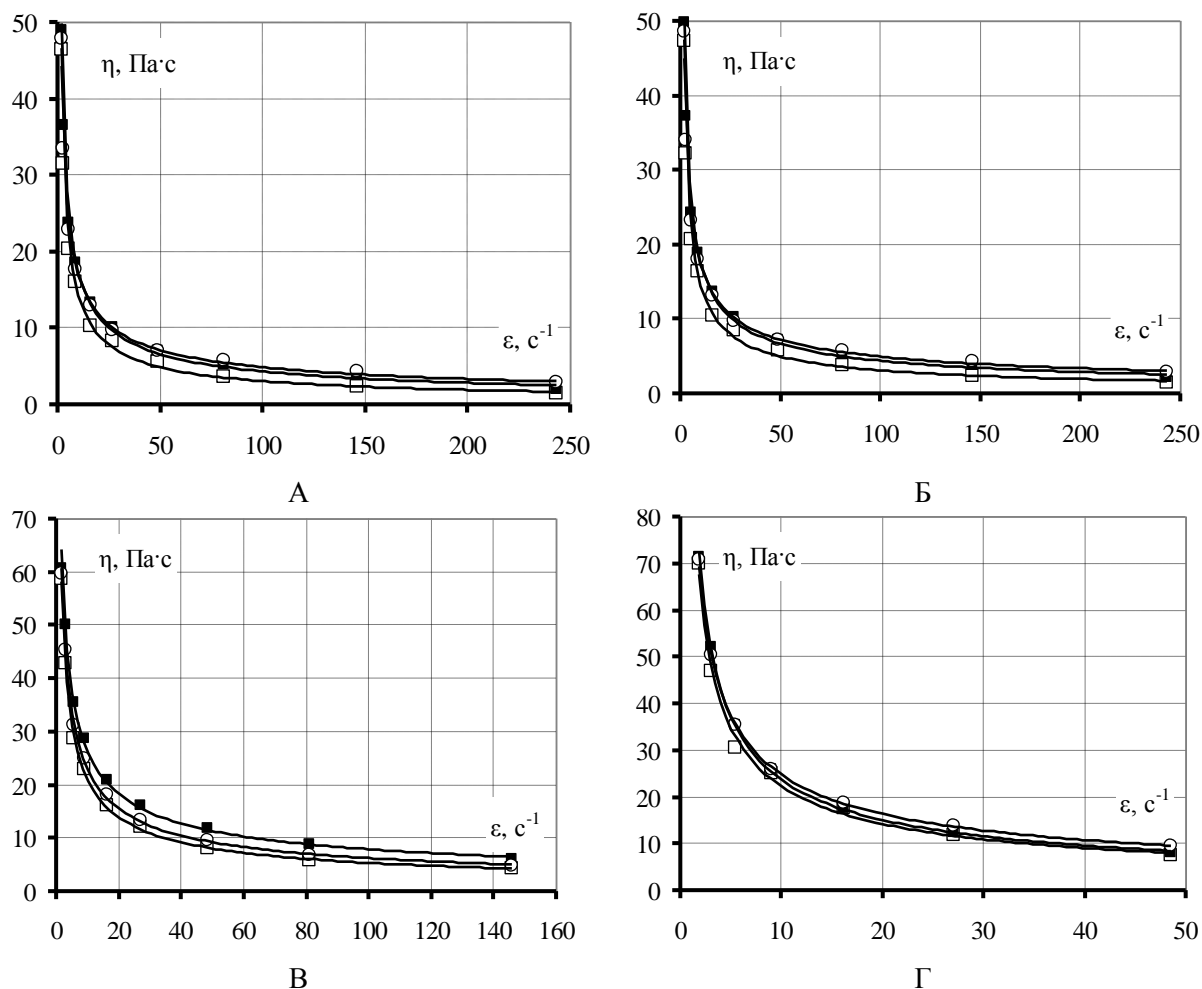


Рисунок 3.3 – Залежність ефективної в'язкості (η) від швидкості зсуву (ϵ) свіжовироблених білково-вуглеводних напівфабрикатів (А), після 24 годин зберігання (Б), після 48 годин зберігання (В), після 72 годин зберігання (Г) за температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$: \square – кизилловий; \blacksquare – терновий; \circ – кизилово-терновий

Враховуючи, що при зберіганні напівфабрикатів були створені умови для запобігання випаровування вологи, підвищення в'язкості можна пояснити тим, що в білково-вуглеводних напівфабрикатах під час зберігання

за рахунок молекулярних та міжмолекулярних зв'язків відбувається формування та поступове укріплення просторового каркасу.

Враховуючи, що залежності ефективної в'язкості від ε для трьох видів білково-вуглеводних напівфабрикатів симбатні, надалі дослідження зміни структурно-механічних властивостей при зберіганні проводили тільки для кизилового напівфабрикату. За результатами математичної обробки експериментальних даних будували реологічні криві (рис. 3.4...3.7).

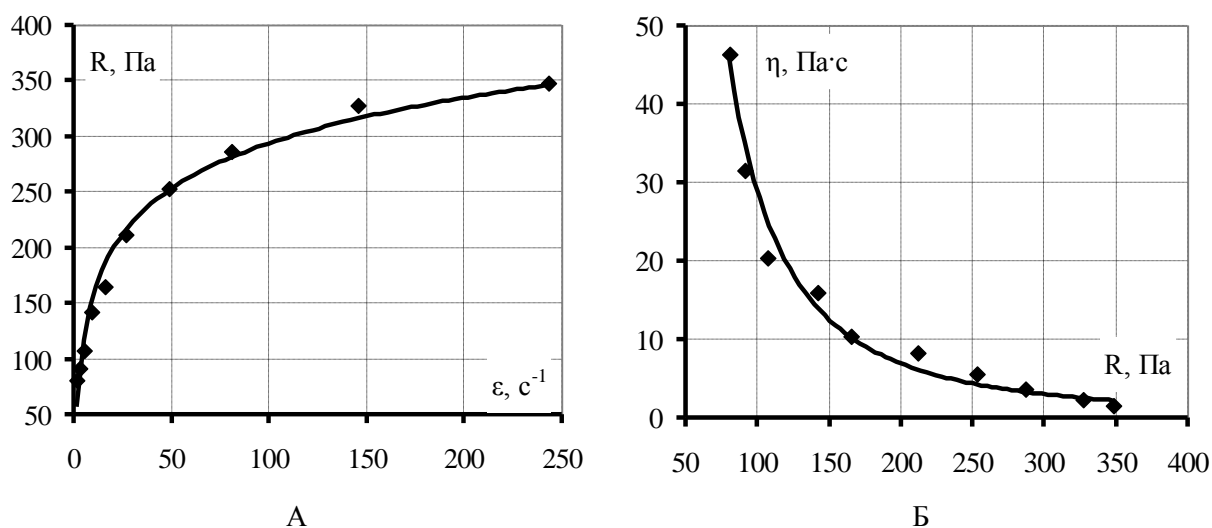


Рисунок 3.4 – Реологічні криві свіжовиробленого кизилового напівфабрикату

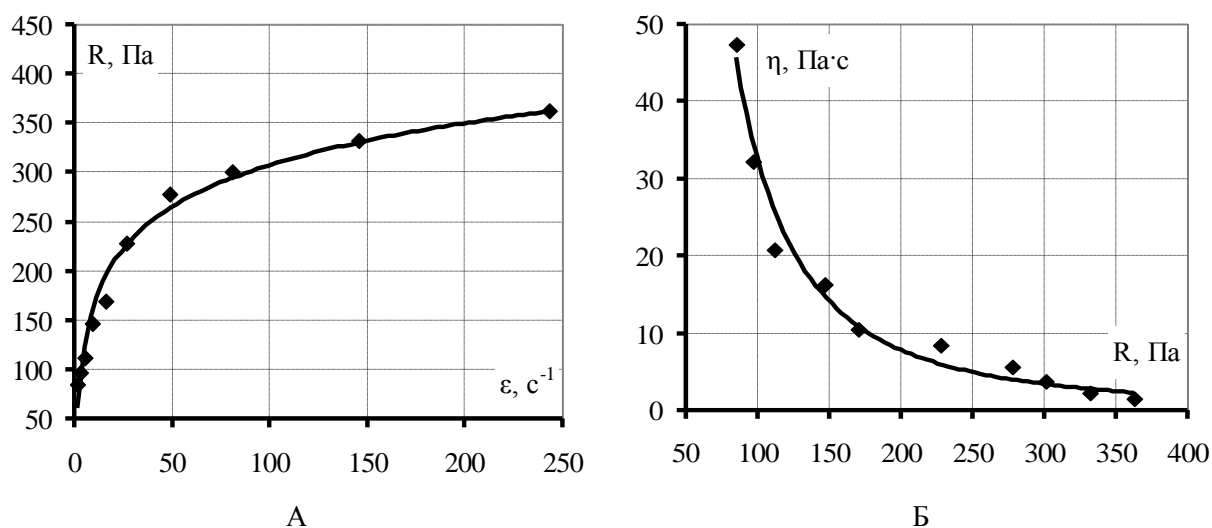


Рисунок 3.5 – Реологічні криві кизилового напівфабрикату після 24 годин зберігання

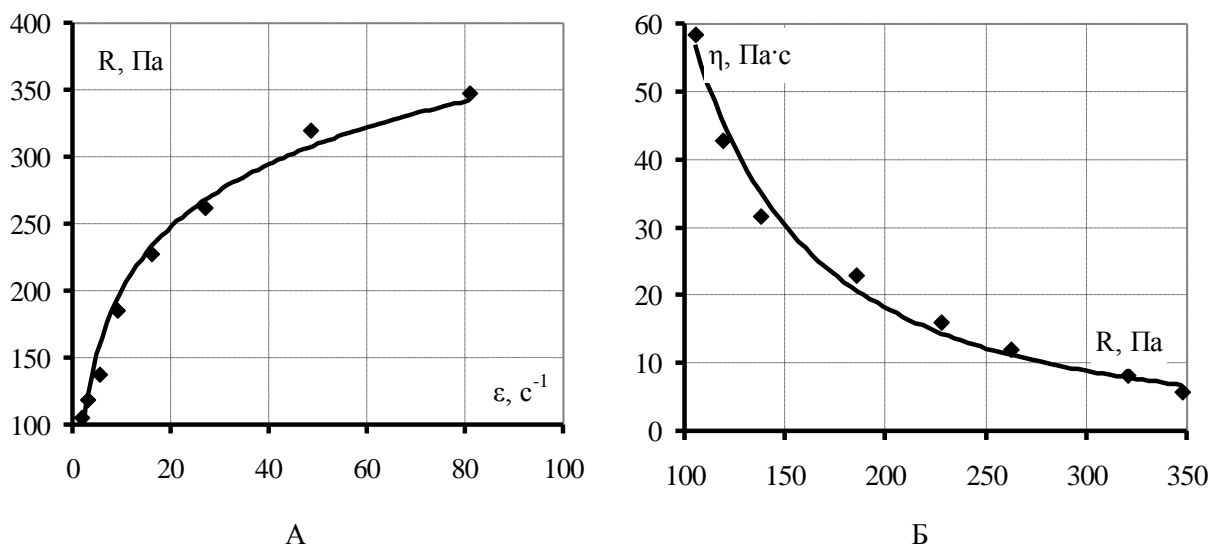


Рисунок 3.6 – Реологічні криві кизилового напівфабрикати після 48 годин зберігання

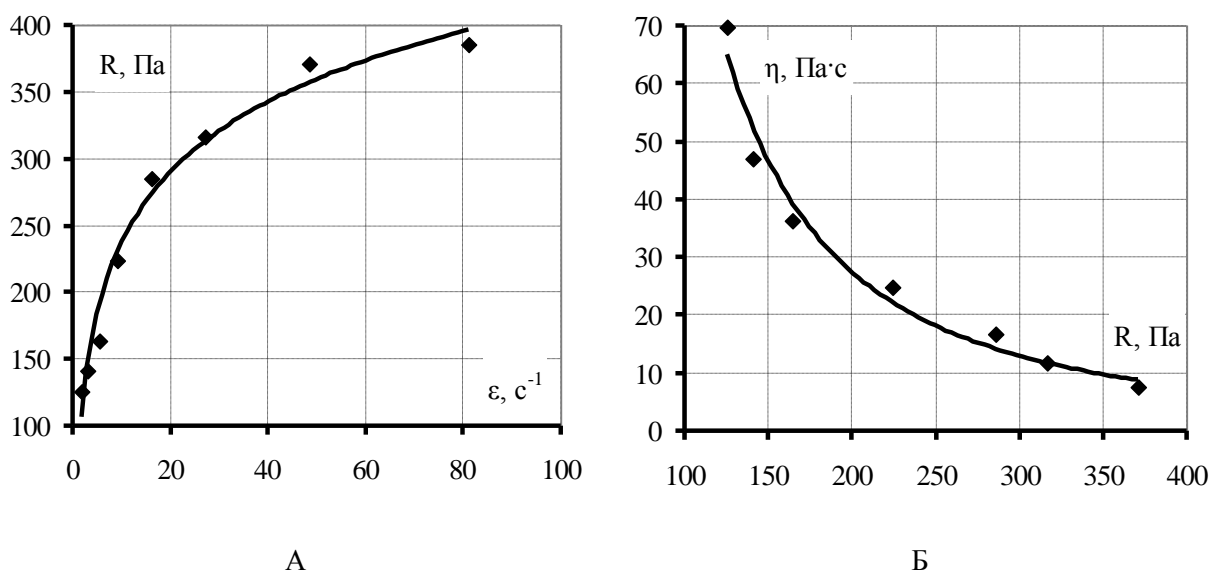


Рисунок 3.7 – Реологічні криві кизилового напівфабрикату після 72 годин зберігання

З наведених реологічних кривих видно, що білково-вуглеводні напівфабрикати належать до неідеально пластичних твердopodobних тіл, мають граничну напругу зсуву (ГНЗ), та починають текти не одразу після прикладання напруги.

За отриманими реологічними кривими для кожного зразка розраховували додаткові реологічні параметри (табл. 3.14).

Таблиця 3.14 – Зміна реологічних характеристик кизилового напівфабрикату при зберіганні

Зразок білково-вуглеводних напівфабрикатів	В'язкісні характеристики, Па·с			Міцнісні характеристики, Па	
	η_{max}	η_{nl}	η_{nl}^*	R_0	R_1
Свіжовироблений	46,35	0,020	5,590	240,7	75,5
Після 24 годин зберігання	47,30	0,024	5,956	248,3	79,7
Після 48 годин зберігання	58,55	0,093	8,150	252,9	85,2
Після 72 годин зберігання	69,80	0,140	13,500	260,6	98,7

З табл. 3.14 та рис. 3.4 – 3.7 видно, що для кизилового напівфабрикату за час зберігання впродовж 72 годин значення максимальної в'язкості η_{max} , що виміряна при мінімальній силі впливу на систему ($\epsilon = 1,8 \text{ c}^{-1}$), збільшується на 50,59% з 46,35 Па·с до 69,80 Па·с.

Пластична в'язкість η_{nl} , що визначає в'язкість практично зруйнованої структури, за час зберігання білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока збільшується в 7,01 рази з 0,020 Па·с до 0,140 Па·с. Пластична в'язкість на ділянці повзучості η_{nl}^* за час зберігання збільшується в 2,42 рази з 5,590 Па·с до 13,500 Па·с.

Поряд зі зростанням при зберіганні в'язкісних характеристик в зразках спостерігається підвищення міцності. Так, початкова напруга зсуву R_0 , що визначає зусилля, за якого система гранично руйнується, при зберіганні білково-вуглеводних напівфабрикатів збільшується на 8,27%, а напруга зсуву на ділянці повзучості R_1 , що визначає зусилля, за якого система починає руйнуватися, поступово зростає на 30,73%.

Таким чином, наведений аналіз реологічних параметрів та характер бінгамовської ділянки кривих ефективної в'язкості (рис. 3.4.б – 3.7.б) засвідчують, що при зберіганні відбувається не тільки зростання в'язкості, а й поступове укріплення структури, що може бути пояснено як за рахунок зміцнення просторового каркасу внаслідок білково-вуглеводного

комплексоутворення, так і за рахунок перерозподілу вологи за формами зв'язку.

З метою виявлення тиксотропних властивостей у зразків було проведено реологічні дослідження у свіжовиробленому кизилловому напівфабрикаті (рис. 3.8) та після 72 годин зберігання за температури $4\pm 2^\circ\text{C}$ (рис. 3.9).

З цією метою спочатку отримували залежність $R=f(\epsilon)$ при швидкості зсуву від мінімального значення до максимального за умови рівноважного зсуву, потім отримували відповідну залежність при зниженні зсувного зусилля від максимального до мінімального значення.

Слід зазначити, що у зразків, які досліджувалися, через значне зростання в'язкісних та міцнісних властивостей суттєво відрізняються вимірні діапазони швидкості зсуву. Так, для свіжовиробленого білково-вуглеводного напівфабрикату швидкість зсуву, за котрої можна виміряти напругу зсуву, знаходиться в межах $1,8\dots 243,0\text{ c}^{-1}$.

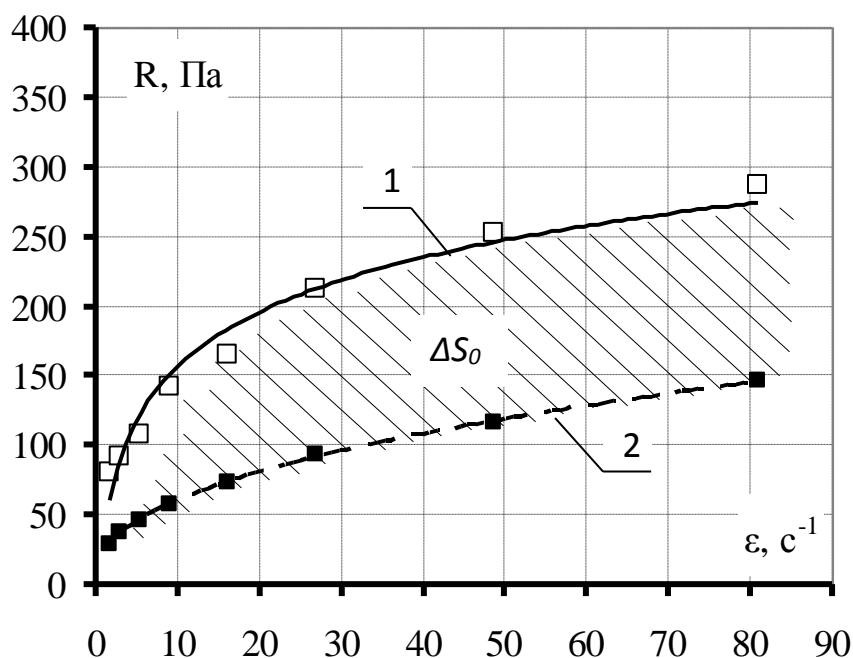


Рисунок 3.8 – Гістерезис у свіжовиробленому кизилловому напівфабрикаті:

- — крива руйнації структури (крива 1);
- — крива відновлення структури (крива 2).

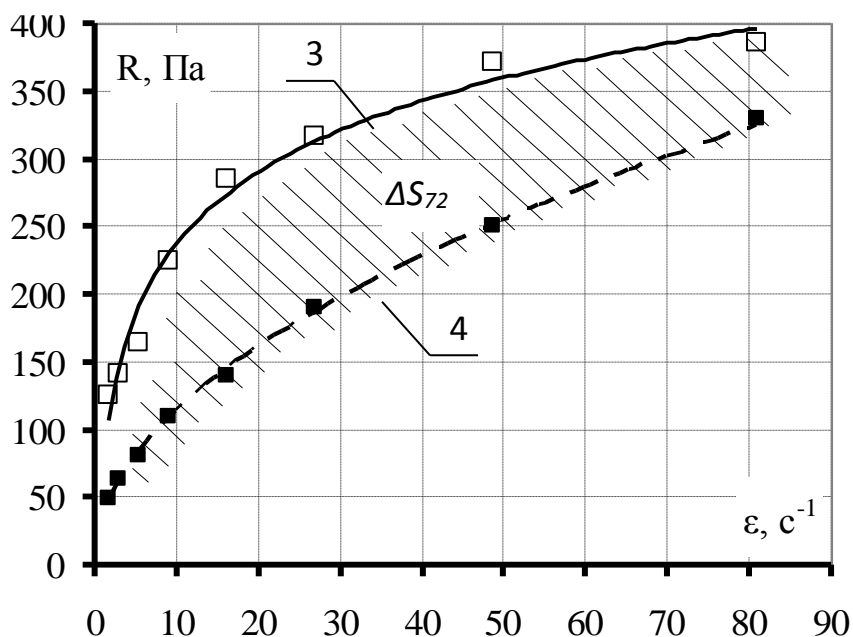


Рисунок 3.9 – Гістерезис у кизиловому напівфабрикату після 72 годин зберігання:

- — крива руйнації структури (крива 3);
- — крива відновлення структури (крива 4).

Для білково-вуглеводного напівфабрикату після 72 годин зберігання діапазон швидкості був обмежений $\epsilon=81,0 \text{ c}^{-1}$, так як при переході на наступну ступінь швидкості стрілка індикатора приладу показувала значення, більші 100 одиниць.

Тому, для оцінки тиксотропних властивостей білково-вуглеводних напівфабрикатів за співставлених параметрів враховували ділянку кривих зсуву в діапазоні швидкості зсуву $1,8...81 \text{ c}^{-1}$.

Аналіз кривих зсуву показує, що за час зберігання ГНЗ зразків зростає. Так, значення ГНЗ для незруйнованої структури свіжовиробленого білково-вуглеводного напівфабрикату знаходиться в межах 80,3 Па, а після 72 годин зберігання збільшується на 56,29% до 125,5 Па, що відповідає значенням ГНЗ для рідких паст.

Значення ГНЗ для відновленої структури свіжовиробленого білково-вуглеводного напівфабрикату знаходиться в межах 29,1 Па, а після 72 годин зберігання збільшується до 49,0 Па, тобто на 68,38%, що відповідає значенням ГНЗ для структурованої рідини. Це можна пояснити тим, що при

прикладанні до тіла деформації зусилля зсуву долає молекулярні та міжмолекулярні зв'язки між білками та вуглеводами напівфабрикату, які при знятті зусилля з часом відновлюються, але неповною мірою. Це вказує на наявність у зразків тиксотропних властивостей, що підтверджується наявністю у обох зразків петлі гістерезису.

Залежність напруги зсуву R від швидкості зсуву ε для обох зразків описується рівнянням зсуву псевдопластичної рідини. Для свіжовиробленого кизилового напівфабрикату рівняння зсуву незруйнованої структури (крива 1) має вигляд:

$$y_1 = -35,804 + 93,622 \cdot x^{0,285}, R^2=0,993 \quad (3.1)$$

відновленої структури (крива 2):

$$y_2 = 1,355 + 21,795 \cdot x^{0,431}, R^2=0,999 \quad (3.2)$$

Для кизилового напівфабрикату після 72 годин зберігання рівняння незруйнованої структури приймає вигляд (крива 3):

$$y_3 = -1249,544 + 1320,599 \cdot x^{0,051}, R^2=0,981 \quad (3.3)$$

а для відновленої структури (крива 4) рівняння приймає вид:

$$y_4 = 5,794 + 31,549 \cdot x^{0,530}, R^2=0,999 \quad (3.4)$$

Для розрахунку площі петлі гістерезису проводили інтегрування виду $\int R d\varepsilon$ рівнянь 4.1 і 4.2 та 4.3 і 4.4. Площу петлі гістерезису свіжовиробленого кизилового напівфабрикату ΔS_0 розраховували як різницю між підінтегральними площами S_1 та S_2 .

Для білково-вуглеводного напівфабрикату після 72 годин зберігання площа петлі гістерезису ΔS_{72} дорівнює різниці між підінтегральними площами S_3 та S_4 . Результати розрахунку наведені в табл. 3.15.

Таблиця 3.15 – Розрахунок площі петлі гістерезису білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока при зберіганні

№ з/п	Рівняння зсуву ($y = R, x = \varepsilon$)	Результат розрахунку $\int R d\varepsilon$	Площа петлі гістерезису
3.1	$y_1 = -35,804 + 93,622 \cdot x^{0,285}$	$S_1 = 17667,73$	$\Delta S_0 = 9405,91$
3.2	$y_2 = 1,355 + 21,795 \cdot x^{0,431}$	$S_2 = 8261,82$	
3.3	$y_3 = -1249,544 + 1320,599 \cdot x^{0,051}$	$S_3 = 25893,04$	$\Delta S_{72} = 8354,76$
3.4	$y_4 = 5,794 + 31,549 \cdot x^{0,530}$	$S_4 = 17538,28$	

З наведених розрахунків видно, що площа петлі гістерезису для кизилового напівфабрикату після 72 годин зберігання зменшується на 11,18%, що вказує на зростання при зберіганні здатності до тиксотропного відновлення структури. На нашу думку, це можна пояснити білково-вуглеводним комплексоутворенням.

Для тернового та кизилово-тернового напівфабрикатів криві зсуву описуються аналогічними залежностями. Отримані дані були використані при розробці комплексного показника якості.

3.1.4 Розроблення комплексного показника якості білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока

Якість продукції ресторанного господарства закладається при її розробці, формується в процесі виробництва, і реалізується при споживанні продукції.

Під якістю продукції розуміють сукупність властивостей, що зумовлюють здатність продукції задовольняти певні потреби у відповідності з її призначенням. Головними властивостями харчових продуктів є склад, раціональне співвідношення поживних речовин, органолептичні властивості тощо.

Оскільки якість розроблених білково-вуглеводних напівфабрикатів характеризується великою кількістю показників, була поставлена мета розробити показники комплексної оцінки їх якості, для чого були використані методи кваліметрії [158].

Комплексний метод оцінки якості продукції полягає у вираженні оцінки рівня якості числом, що отримують при об'єднанні обраних одиничних показників в один комплексний показник якості.

Комплексну оцінку якості, що характеризує складні властивості білково-вуглеводного напівфабрикату, здійснювали в два основних етапи

(спочатку оцінювали прості властивості, далі розраховували комплексні показники якості) за наступним алгоритмом [158]:

- розроблення ієрархічної структури показників якості напівфабрикатів, що необхідні та достатні для оцінки їх якості;
- визначення значень показників якості P_{ij} та призначення інтервалу зміни значення P_{ij} ($P_{ij}^{min} \div P_{ij}^{max}$) кожного з показників якості;
- вибір шкали розмірності комплексного показника якості K_0 ;
- вибір базових показників та їх значень для порівняння ($P_{ij}^{баз}$);
- визначення виду залежності між показниками P_{ij} простих властивостей та їх оцінками K_{ij} ;
- визначення оцінок показників K_{ij} ;
- визначення способу знаходження коефіцієнтів вагомості M_{ij} ;
- вибір методу зведення воедино оцінок одиничних показників K_{ij} для одержання комплексної оцінки якості K_0 ;
- розрахунок комплексної оцінки якості K_0 , що визначається як функція оцінок одиничних показників якості продукції;
- аналіз отриманих результатів та прийняття рішення про рівень якості розроблених білково-вуглеводних напівфабрикатів.

Згідно до наведеного алгоритму на першому етапі розробляли ієрархічну структуру властивостей білково-вуглеводних напівфабрикатів, що необхідні для достовірної оцінки їх якості. За рекомендаціями [158] при підготовці до випуску нової продукції та оцінці її якості доцільно використовувати ієрархічну структуру властивостей невеликої висоти та ширини, але достатню для глибокого вивчення механізму формування якості. В сучасних умовах при розробці нових технологій десертної продукції основними властивостями є групи властивостей функціонального призначення (властивості продукції як продукту), специфічних (органолептичні) властивостей та властивостей надійності (властивості стійкості і стабільності при зберіганні та відновлюваність після зберігання).

Розроблена структура (рис. 3.10) представлена у трьох рівнях. На першому рівні якість білково-вуглеводних напівфабрикатів формується трьома групами – показники призначення, специфічні показники, показники надійності.

На другому рівні показники призначення визначаються – енергетичною цінністю (А), біологічною цінністю (В), структурно-механічними властивостями (С); специфічні показники – органолептичними властивостями (D); показники надійності – ступенем відтворюваності піноутворювальної здатності та стійкості піни при зберіганні (Е).

Третій рівень показників якості можна представити наступним чином:

– група А (енергетична цінність): PA_1 – вміст білків, PA_2 – вміст жирів, PA_3 – вміст вуглеводів;

– група В (біологічна цінність): PB_1 – ступінь протеолізу напівфабрикатів (мг тирозину на 1 г білка), PB_2 – вміст незамінних амінокислот (відповідно ФАО/ВООЗ вміст незамінних АК дорівнює 360 мг/г);

– група С (структурно-механічні властивості): PC_1 – піноутворювальна здатність, PC_2 – стійкість піни;

– група D (органолептичні властивості): PD_1 – зовнішній вигляд, PD_2 – колір, PD_3 – запах, PD_4 – смак, PD_5 – консистенція;

– група Е (ступінь відтворюваності структурно-механічних властивостей при зберіганні): PE_1 – ПУЗ після 72 годин зберігання, PE_2 – СП після 72 годин зберігання.

На наступному етапі визначали значення показників якості P_{ij} та інтервалу їх зміни ($P_{ij}^{min} \div P_{ij}^{max}$). Для визначення значень показників групи А, В, С та Е використовували інструментальні методи. Значення показників групи D визначали органолептичним методом.

Кількість показників якості харчових продуктів не повинна перевищувати семи одиниць, оскільки встановлено, що експерту важко без великої помилки оцінити якість при більшій кількості показників.

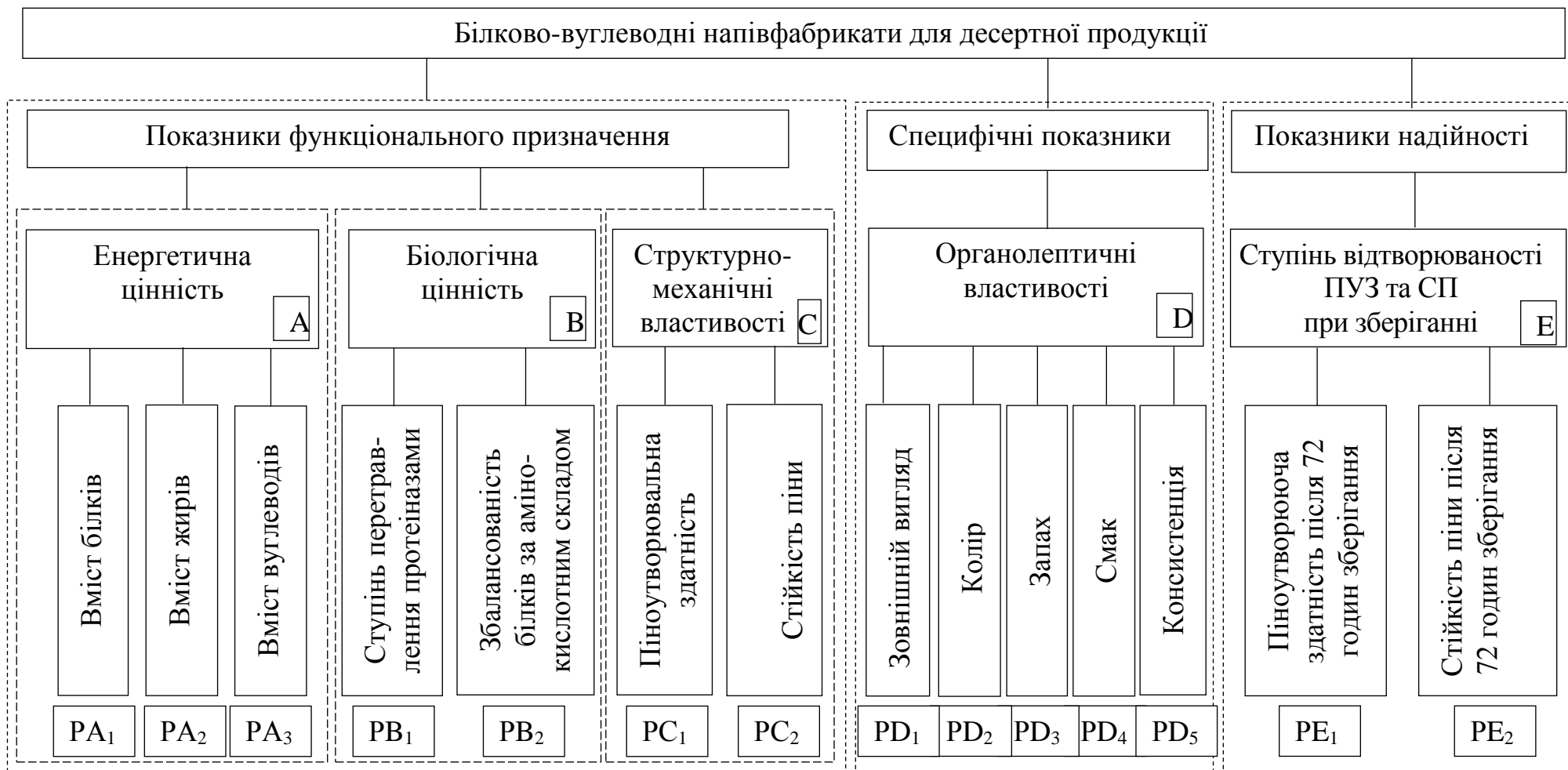


Рисунок 3.10 – Ієрархічна структура властивостей білково-вуглеводних напівфабрикатів при централізованому виробництві

Реальну значимість кожного показника у сукупності оцінювали через коефіцієнти вагомості, для визначення яких використовували метод Дельфі, сутність котрого полягає у створенні експертної групи, члени якої мають високі, але більш-менш однакові фахові навички в оцінці якості продукції.

Члени експертної групи оцінювали вагомість кожної з сукупності обраних властивостей, при цьому сума коефіцієнтів вагомості всіх властивостей приймалася рівній одиниці.

Порядок опитування забезпечував експертам можливість здійснювати незалежне оцінювання вагомості властивостей продукції. Після попереднього оцінювання результати, що отримані кожним членом групи, були обговорені на засіданні експертної групи.

З урахуванням обговорення кожний експерт повторно визначав вагомість властивостей продукції, а середньоарифметичні значення коефіцієнтів приймалися в якості вихідних для подальших розрахунків.

Результати розрахунку відносних показників якості та коефіцієнтів вагомості показників якості наведені в табл. 3.16.

Таблиця 3.16 – Відносні показники якості та їх коефіцієнти вагомості

Одиниці вимірювання	Шифр кількісного показника	Відносні показники якості K_{ij}				Коефіцієнт вагомості	
		Шифр	Білково-вуглеводний напівфабрикат на основі знежиреного молока				
			Кизиловий	Терновий	Кизилово-терновий	Шифр	M_{ij}
%	PA ₁	KA ₁	0,772	0,781	0,776	MA ₁	0,505
%	PA ₂	KA ₂	0,937	0,903	0,919	MA ₂	0,210
%	PA ₃	KA ₃	0,654	0,753	0,730	MA ₃	0,285
мг/г	PB ₁	KB ₁	0,825	0,792	0,804	MB ₁	0,535
%	PB ₂	KB ₂	0,946	0,921	0,926	MB ₂	0,465
%	PC ₁	KC ₁	0,638	0,609	0,692	MC ₁	0,480
%	PC ₂	KC ₂	0,913	0,885	0,913	MC ₂	0,520
бали	PD ₁	KD ₁	0,941	0,941	0,941	MD ₁	0,115
бали	PD ₂	KD ₂	0,941	0,873	0,928	MD ₂	0,140
бали	PD ₃	KD ₃	0,941	0,928	0,941	MD ₃	0,110
бали	PD ₄	KD ₄	0,873	0,817	0,848	MD ₄	0,360
бали	PD ₅	KD ₅	0,941	0,913	0,928	MD ₅	0,275
%	PE ₁	KE ₁	0,477	0,405	0,512	ME ₁	0,495
%	PE ₂	KE ₂	0,632	0,434	0,677	ME ₂	0,505

Результати розрахунку комплексних показників якості білково-вуглеводних напівфабрикатів зведені в табл. 3.17.

Таблиця 3.17 – Комплексна оцінка якості білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі знежиреного молока

Зразок білково-вуглеводних напівфабрикатів	Значення якості за групами властивостей					Комплексна оцінка K_0
	MA_0 KA_0	MB_0 KB_0	MC_0 KC_0	MD_0 KD_0	ME_0 KE_0	
Кизилловий	0,1044	0,0925	0,2148	0,2795	0,1000	0,7912
Терновий	0,1078	0,0895	0,2069	0,2678	0,0755	0,7475
Кизиллово-терновий	0,1070	0,0904	0,2219	0,2751	0,1072	0,8016

Аналіз отриманих даних показує, що комплексні показники якості білково-вуглеводних напівфабрикатів позиціонуються в інтервалі «доброї» та «дуже доброї якості». При цьому, значення K_0 значно перевищують оптимальне значення показника якості, що дорівнює $K_{i\text{ опт}} = 0,63$.

3.2 Обґрунтування та розробка технологічного процесу виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

3.2.1 Обґрунтування рецептурного складу та технологічного процесу виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Основними етапами технологічного процесу отримання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки є (рис.3.11): прийом та зберігання сировини; механічна обробка рослинної сировини; бланшування рослинної сировини; подрібнення до пюреподібної маси рослинної сировини; змішування підготовленої молочної сироватки з цукром; з'єднання сировотково-цукрової суміші з рослинним пюре; сушіння отриманої композиції; охолодження; подрібнення у порошок; додавання гуарової камеді; фасування та пакування; маркування; зберігання та транспортування.

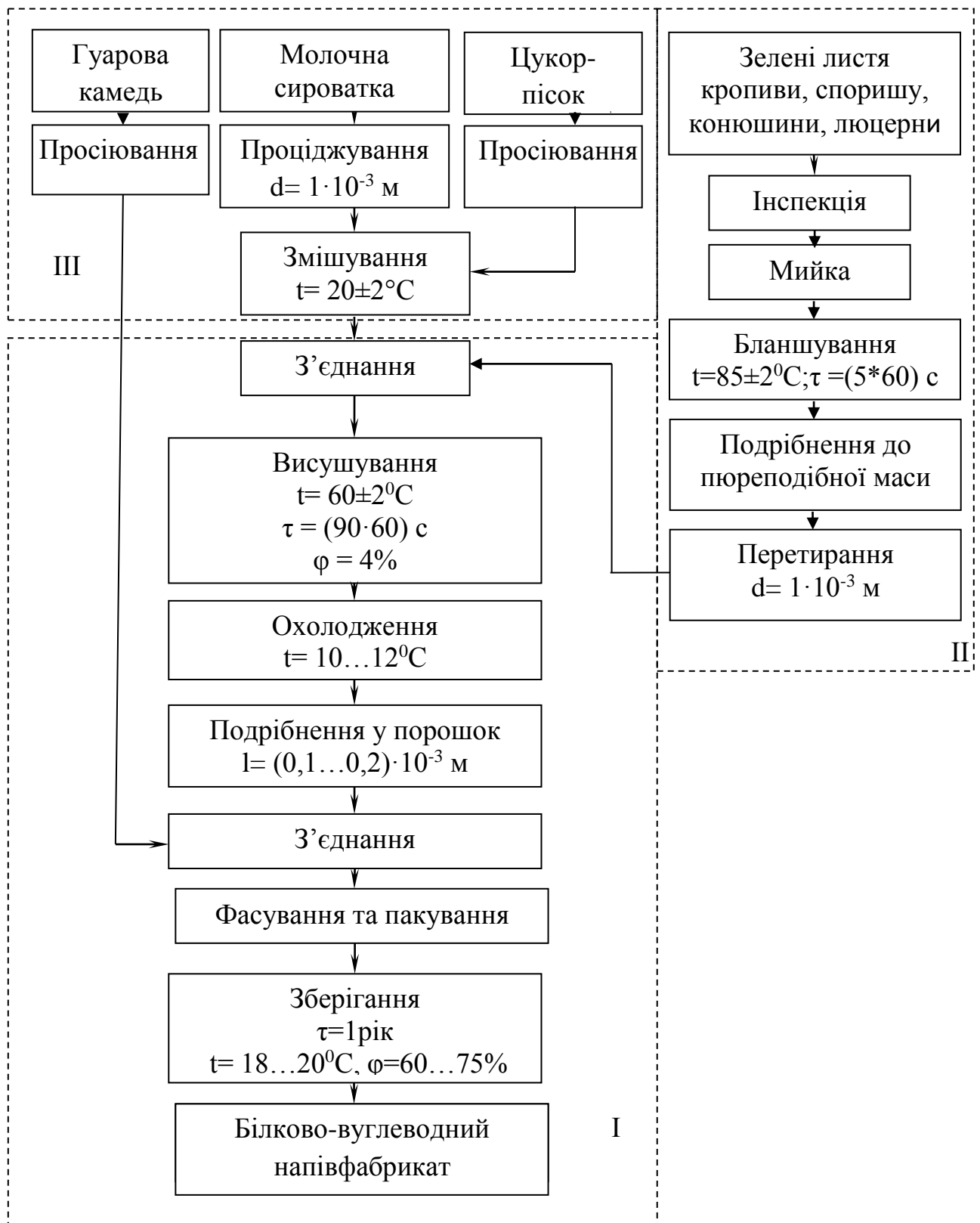


Рисунок 3.11 – Технологічна схема виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Технологічний процес отримання білково-вуглеводного напівфабрикату починається з операції прийому та зберігання сировини.

Наступний етап процесу включає: механічну обробку рослинної сировини (інспекція, мийка, нарізання); бланшування рослинної сировини при температурі $85\pm 2^{\circ}\text{C}$ протягом (5·60)с; подрібнення її до пюреподібної маси та поєднання із сироватково-цукровою сумішшю. Для отримання сироватково-цукрової суміші підготовлену молочну сироватку перемішують з цукром до його розчинення.

В отриману суміш вводять рослинне пюре. Потім ретельно перемішують для отримання однорідної маси.

Підготовлену масу розкладають на дека, покриті пергаментним папером, шаром завтовшки 0,5 мм. Потім дека поміщали в сушильну камеру, в якій рівномірним потоком по ширині і висоті камери поступало повітря з калориферної установки з 50 %-ною ретикуляцією повітря.

Отримана маса сушиться протягом (90·60)с з обдуванням повітрям нагрітим до 60°C до кінцевої вологості не більш 4%. При збільшенні температури повітря колір порошку стає жовто-коричневим, за рахунок накопичення продуктів реакцій меланоїдиноутворення і карамелізації.

Після сушки напівфабрикат охолоджують, з метою вирівнювання вологи, до температури 10...12 $^{\circ}\text{C}$.

Після охолодження молочно-рослинну композицію подрібнюють у порошок та додають порошок гуарової камеді. В результаті отримують порошкоподібну масу, яка добре розчиняється у рідині.

Готовий напівфабрикат розфасовується в паперові пакети з внутрішнім пакетом з пергаменту місткістю 0,25, 0,5, 1,0 кг, маркується і направляється до підприємств ресторанного господарства для виробництва десертної продукції.

3.2.2 Обґрунтування параметрів сушіння композиційної суміші білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Об'єктом сушіння була композиційна суміш білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки з масовою часткою сухих речовин 15%. Дослідження з плівкового сушіння напівфабрикату проводили при товщині шару 0,5 мм та при температурі поверхні нагрівання 60, 70, 80°C.

У ході експерименту визначали кінетику сушіння і зміни маси продукту протягом часу. Процес видалення вологи можна розділити на дві стадії. Перша стадія, що протікає за (36...48)·60с, характеризується інтенсивним зменшенням маси за рахунок випаровування вологи. На другій стадії швидкість зміни маси напівфабрикату майже постійна.

Отримані експериментальні данні дозволяють констатувати, що частина вологи (50...55%) випаровується протягом (36...48)·60 с при температурі сушильного агенту 60°C, 70°C, 80°C з однаковою закономірністю. Однак, досягнення необхідної вологості (4%), при якій процес сушіння загасає, при температурі 60°C спостерігається через 88·60 с; при 70°C – через 78·60 с; при 80°C – через 70·60 с.

Таким чином, при температурі сушильного агенту 80°C процес сушіння білково-вуглеводного напівфабрикату відбувається на 11% швидше ніж при температурі 70°C і на 25% - ніж при 60°C. Однак, при сушінні білково-вуглеводного напівфабрикату при температурі 70...80°C спостерігається процес карамелізації продукту, що погіршує його якість та органолептичні показники, тому сушіння напівфабрикату слід проводити при температурі 60°C.

У табл. 3.18 наведено раціональні параметри кінетики плівкового сушіння білково-вуглеводного напівфабрикату при температурі 60°C.

Таблиця 3.18 – Кінетика плівкового сушіння білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Вміст води, %	85-80	80-64	64-34	34-20	20-14	14-8	8-5	5-4	4-4
Тривалість, (*60)с.	12	24	36	50	62	76	84	88	90
Випарувано, в % від початкової маси води	5,9	20,0	46,9	41,2	30,0	42,9	37,5	20,0	0

Для більш глибокого аналізу характеру протікання процесу сушіння білково-вуглеводного напівфабрикату на рис. 3.12 були наведені криві зміни вологовмісту, швидкості процесу та температури поверхні, що гріє.

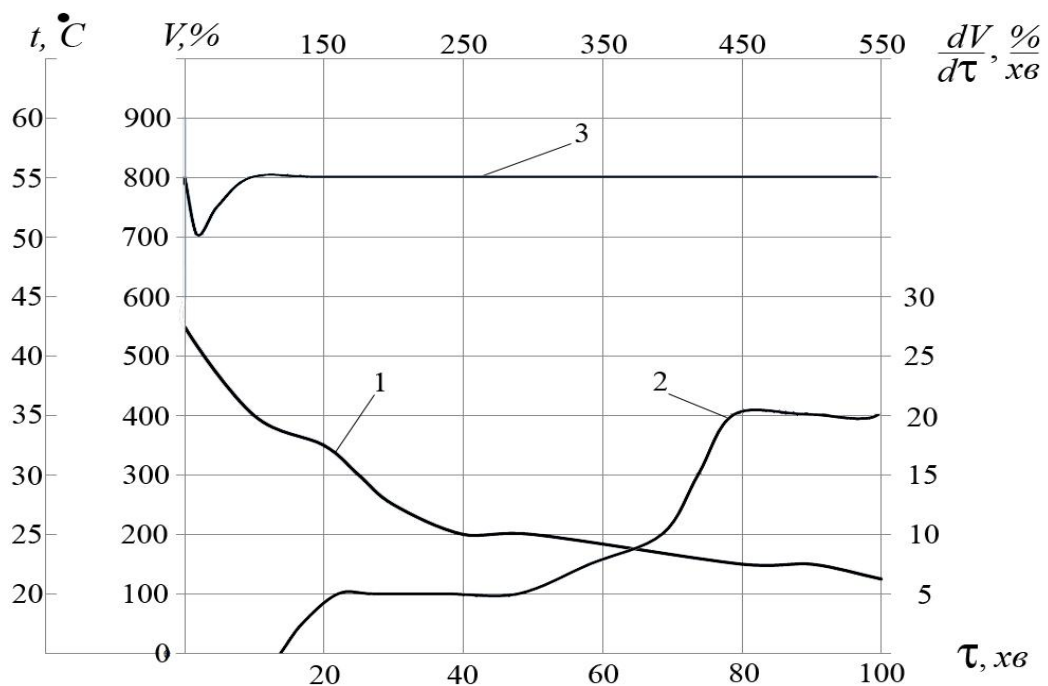


Рисунок 3.12 – Зміна вологовмісту (1), швидкості процесу (2) та температури поверхні, що гріє (3) при плівковому сушінні білково-вуглеводного напівфабрикату шаром товщиною 0,5 мм

Дані рис. 3.12 дозволяють зробити наступні висновки: температура поверхні, що гріє (крива 3), в момент нанесення продукту з температурою

20°C, знижується приблизно на 5°C з екстремумом при 50 с, а потім поступово підвищується до попередньо визначеного значення.

Криві кінетики сушіння свідчать, що весь процес ділиться на два періоди. Перший період характеризується сталою швидкістю сушіння, коли вологовміст продукту змінюється за лінійним законом.

Період сталої швидкості сушіння триває до значення критичного вологовмісту, рівного $U_{\kappa} = 450\%$. Другий період – падаючої швидкості сушіння – характеризується асиметричним наближенням до нульового значення, відповідного рівноважному вологовмісту $U_p = 125\%$.

Швидкість сушіння N_1 в періоді постійної швидкості визначається за формулою :

$$N_1 = \frac{dU}{d\tau} = tg\sigma, \quad (3.5)$$

де σ - кут нахилу дотичної, проведеної до даної точки кривої сушіння.

Графічним інтегруванням рівняння (4.1) по U від U_n до U_{κ} , а τ - від τ_0 до τ_1 одержимо:

$$\frac{U_n - U_{\kappa}}{\tau_1 - \tau_0} = tg(-\sigma), \quad (3.6)$$

де U_n – початковий вологовміст продукту, який надходить на сушіння, %; U_{κ} – критичний вологовміст продукту, %; τ_1 – тривалість першого періоду сушіння, відповідна тривалості сушіння продукту до критичного вологовмісту, с; τ_0 – початковий момент сушіння ($\tau_0 = 0$), с.

Із рівняння (3.6) одержуємо:

$$\tau_1 = \frac{U_n - U_{\kappa}}{tg(-\sigma)}. \quad (3.7)$$

Для визначення тривалості сушіння напівфабрикату в другому періоді скористаємося кривою швидкості сушіння (крива 2 на рис. 3.12), побудованою нами способом графічного диференціювання кривої сушіння (кривої 1). Замінюємо криву швидкості сушіння в другому періоді прямою

лінією; при цьому критична точка $U_k=450$ % зсунеться в точку критичного приведенного вологовмісту $U_{kn} = 458$ %.

Тоді тривалість другого періоду сушіння визначиться формулою:

$$\tau_2 = \frac{1}{K} \cdot \ln \frac{U_{kn} - U_p}{U_2 - U_p}, \quad (3.8)$$

де K – безрозмірний коефіцієнт сушіння в другому періоді процесу.

Тривалість процесу сушіння напівфабрикату буде

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \frac{U_n - U_k}{\text{tg}(-\sigma)} + \frac{1}{K} \cdot \ln \frac{U_{kn} - U_p}{U_2 - U_p} \quad (3.9)$$

Числові значення основних величин, що входять в (ф. 3.9) наведено в табл. 3.19.

Таблиця 3.19 – Основні фізичні та технологічні величини сушіння напівфабрикату

Показники сушіння	Умовні одиниці	Показання
Початковий вологовміст	U_n , %	550
Кінцевий вологовміст	U_2 , %	125
Критичний вологовміст	U_k , %	450
Критичний приведенний вологовміст	U_{kn} , %	458
Швидкість сушіння першого періоду	N_1 , %/хв	20

Теоретичні розрахунки, які обчислені по формулі (3.9), мають задовільний збіг з експериментальними даними.

Таким чином, параметрами сушіння композиційної суміші є: температура сушіння 60°C протягом (90·60)с до вологості 4%.

3.2.3 Аналіз органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних та структурно-механічних показників білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Для оцінки якісних показників білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки були проведені дослідження органолептичних,

фізико-хімічних, мікробіологічних та структурно-механічних показників з використанням стандартних методів.

На основі даних дегустацій було встановлено, що за органолептичними показниками білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки повинен відповідати вимогам, наведеним у табл. 3.20.

Таблиця 3.20 – Органолептичні показники білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Найменування показників	Білково-вуглеводний напівфабрикат на основі молочної сироватки
Зовнішній вигляд та консистенція	Однорідний порошок, без сторонніх домішок
Смак	Молочно-солодкий, з присмаком рослинних наповнювачів, без стороннього присмаку
Запах	Молочний з невираженим ароматом рослинних наповнювачів
Колір	Білий з кремовим відтінком, однорідний

Розроблені напівфабрикати на основі молочної сироватки являють собою суху суміш з вологістю 3,43...3,85%, хімічний склад яких вказано в табл. 3.21.

Таблиця 3.21 – Хімічний склад білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Найменування показника	Масова частка, %		
	Плантолакт1	Плантолакт2	Плантолакт3
Вологість	3,85±0,02	3,43±0,05	3,76±0,01
Протеїн сирий	20,62±0,12	19,93±0,11	19,83±0,10
Жир сирий	0,27±0,01	0,28±0,03	0,24±0,01
Вуглеводи	68,05±0,23	69,00±0,16	69,03±0,19
Клітковина сира	2,03±0,03	1,96±0,02	2,11±0,05
Зола	4,98±0,03	5,31±0,07	4,83±0,06

На підставі результатів досліджень, які наведено в табл. 3.21, можна зробити висновок, що розроблені напівфабрикати характеризуються високим вмістом білкових речовин (19,83...20,62%) при вмісті жиру 0,24...0,28%.

Проведені дослідження біологічної цінності розроблених білково-вуглеводних напівфабрикатів по вмісту сироваткових білків, які є джерелом незамінних амінокислот з оптимальним співвідношенням. Дані наведено у табл. 3.22.

Таблиця 3.22 – Характеристика амінокислотного складу білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Найменування амінокислот	Вміст, мг/100 мг (на натуральну речовину)					
	Білково-вуглеводний напівфабрикат на основі молочної сироватки					
	Планто лакт1	% до суми АК	Планто лакт2	% до суми АК	Планто лакт3	% до суми АК
Валін	1,25	6,91	1,18	6,76	1,24	6,98
Метіонін	0,68	3,76	0,83	4,76	0,79	4,45
Лейцин	1,68	9,29	1,47	8,42	1,63	9,18
Ізолейцин	1,10	6,08	1,16	6,65	1,25	7,04
Лізин	1,30	7,19	1,28	7,33	1,26	7,10
Треонін	1,07	5,92	1,17	6,70	1,14	6,42
Фенілаланін	1,15	6,36	1,11	6,36	1,16	6,53
Триптофан	0,11	0,61	0,12	0,69	0,10	0,56
Аланін	1,15	6,36	1,08	6,19	1,11	6,25
Аргінін	1,02	5,64	1,12	6,42	1,07	6,02
Аспарагінова кислота	1,58	8,74	1,42	8,14	1,52	8,56
Гістидин	0,60	3,32	0,48	2,75	0,56	3,15
Цистин	0,32	1,77	0,46	2,64	0,34	1,92
Глютамінова кислота	2,24	12,39	2,07	11,86	2,27	12,78
Пролін	0,81	4,48	0,79	4,53	0,63	3,55
Серин	0,49	2,71	0,41	2,35	0,39	2,20
Тирозин	0,59	3,26	0,48	2,75	0,51	2,87
Гліцин	0,95	5,25	0,83	4,76	0,78	4,40
Незамінні АК (E), в тому числі:	8,34	46,10	8,32	47,65	8,57	48,28
Замінні АК (N), в тому числі:	9,75	53,90	9,14	52,35	9,18	51,72
Загальна кількість АК (T):	18,09	100	17,46	100	17,75	100
Значення індексу $I=E/N$	0,86	-	0,91	-	0,93	-
Значення індексу $I_1=E/T$	0,46	-	0,48	-	0,48	-

Дані табл. 3.22 дозволяють зробити висновок, що кількість незамінних амінокислот у розробленому напівфабрикаті складає 46,10...48,28 % від їх загальної кількості. Серед незамінних амінокислот практично всі мають високі показники, крім триптофану та метіоніну. У складі замінних амінокислот відмічається підвищений вміст аланіну, аспарагінової та глютамінової кислот. При цьому, співвідношення незамінних та замінних амінокислот становить 1:(1,11...1,17), що дозволяє характеризувати розроблений білково-вуглеводний напівфабрикат як продукт з високою біологічною цінністю.

Для аналізу біологічної цінності розроблених білково-вуглеводних напівфабрикатів проведено розрахунок амінокислотного скору білків і проведена порівняльна характеристика зі стандартним білком FAO/BOO3. Результати розрахунків наведені у табл. 3.23.

Таблиця 3.23 – Амінокислотний скор білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Найменування амінокислот	Ідеальний білок FAO/BOO3, мг/г білка	Відновлений білково-вуглеводний напівфабрикат		
		Амінокислотний скор, %		
		Плантолакт1	Плантолакт2	Плантолакт3
Лейцин	70	84	74	82
Ізолейцин	40	96	101	109
Валін	50	88	83	87
Треонін	40	94	103	99
Лізин	55	83	82	80
Метіонін	35	68	83	79
Фенілаланін +тирозин	60	102	93	97
Триптофан	10	39	42	35

Аналізуючи якісний та кількісний склад незамінних амінокислот, слід відзначити, що вміст амінокислот у напівфабрикатів перевищує їх рівень в ідеальному білку FAO/BOO3, при цьому, лімітуючі АК відсутні.

Для біологічно повноцінних білків обов'язковим є не тільки відсутність лімітуючих незамінних амінокислот, але й їх збалансованість. Визначення

збалансованості незамінних амінокислот проводили за «триптофановим» (табл. 3.24) та «треоніновим» індексами (табл. 3.25).

Таблиця 3.24 – Збалансованість незамінних амінокислот білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки за «триптофановим» індексом

Найменування амінокислоти	Ідеальний білок FAO/WHO	Білково-вуглеводний напівфабрикат		
		Плантолакт1	Плантолакт2	Плантолакт3
Триптофан	1	1	1	1
Валін	4	11	10	12
Метіонін	2...4	6	7	8
Лейцин+ізолейцин	7...10	25	22	29
Лізін+гістидин	3...5	17	15	18
Треонін	2...3	10	10	11
Фенілаланін	2...4	11	9	12

Таблиця 3.25 – Збалансованість незамінних амінокислот білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки за «треоніновим» індексом

Найменування амінокислоти	Ідеальний білок FAO/WHO	Білково-вуглеводний напівфабрикат		
		Плантолакт1	Плантолакт2	Плантолакт3
Треонін	1,0	1,0	1,0	1,0
Валін	1,5	1,2	1,0	1,1
Метіонін	0,7	0,6	0,7	0,7
Лейцин+ізолейцин	3,1	2,6	2,3	2,5
Лізін+гістидин	1,1	1,8	1,5	1,6
Триптофан	0,25	0,15	0,11	0,10
Фенілаланін	1,1	1,1	1,0	1,0

Аналізуючи дані табл. 3.24 та 3.25 можна зробити висновок, що в цілому, амінокислотний склад білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі молочної сироватки має гарну збалансованість за «триптофановим» та «треоніновим» індексами.

Для характеристики біологічної цінності білків білково-вуглеводних напівфабрикатів проведено аналіз досліджень ферментативної атакованості ферментами шлунково-кишкового тракту *in vitro* білків напівфабрикату.

У ході досліджень були змодельовані умови для ферментативного гідролізу, за яких доступність пептидних зв'язків, що атакуються, визначаються не тільки властивостями білка, але й додатковими факторами, що пов'язані із структурою та хімічним складом білково-вуглеводних напівфабрикатів.

У зв'язку з цим вивчали засвоюваність білків напівфабрикатів в модельних умовах під дією послідовного впливу протеїназ пепсину та трипсину. Результати дослідження наведені в табл. 3.26.

Таблиця 3.26 – Ступінь перетравлення білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Найменування білково-вуглеводного напівфабрикату	Вміст білку, %	Кількість розчинних продуктів гідролізу білку, мг тирозину на 1 г білку в БРНМС		
		Пепсиноліз	Трипсиноліз	Пепсиноліз+ Трипсиноліз
Плантолакт1	20,62	50,6	21,2	71,8
Плантолакт2	19,93	50,4	20,7	71,1
Плантолакт3	19,83	49,3	20,6	69,9

Аналіз даних табл. 3.26 свідчить, що білки розроблених білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі молочної сироватки характеризуються високим ступенем гідролізуємості пепсином і декілька менше – трипсином. В цілому перетравлення білків розроблених напівфабрикатів складає 71,8...81,9мг/г, що визначає високий рівень їх біологічної цінності.

Таким чином, комплекс попередніх досліджень дав змогу віднести розроблені білково-вуглеводні напівфабрикати до продуктів з високим вмістом білка (більше 20%). Білки напівфабрикатів є повноцінними, достатньо збалансованими, що, поряд з визначеним ступенем протеолізу, свідчить про їх високу біологічну цінність. Це дозволяє рекомендувати включення продукції на основі білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі молочної сироватки в дефіцитні на білок раціони.

Використання у складі розроблених напівфабрикатів молочної сироватки та рослинної сировини зумовлює необхідність дослідження мінерального (табл.3.27) та вітамінного складу (табл. 3.28).

Таблиця 3.27 – Мінеральний склад білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Найменування мінеральних речовин	Білково-вуглеводний напівфабрикат на основі молочної сироватки		
	Плантолакт1	Плантолакт2	Плантолакт3
Макроелементи, мг/100г:			
Кальцій (Ca)	267±5	293±5	275±5
Фосфор (P)	133±5	146±5	138±5
Калій (K)	206±4	218±4	211±4
Натрій (Na)	38±2	41±2	39±2
Магній (Mg)	53±3	64±3	57±3
Мікроелементи, мг/кг:			
Ферум (Fe)	75,45±0,01	75,67±0,02	75,53±0,01
Марганець (Mn)	19,50±0,24	21,03±0,32	19,07±0,28
Купрум (Cu)	19,12±0,26	20,10±0,44	19,35±0,27
Цинк (Zn)	14,70±0,17	15,11±0,24	14,36±0,16

Дані табл. 3.27 дозволяють зробити висновок, що основними елементами зольного остатку з'являються макроелементи: кальцій, калій, фосфор та мікроелементи: ферум, купрум.

Таблиця 3.28 – Вітамінний склад білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки, ($\bar{X} \pm m$; $m \leq 0,05$)

Найменування вітамінів	Вміст, мг/100г		
	Білково-вуглеводний напівфабрикат на основі молочної сироватки		
	Плантолакт1	Плантолакт2	Плантолакт3
Аскорбінова кислота(C)	45,61±0,08	44,53±0,06	43,27±0,05
Тіамін (B1)	0,87±0,01	1,02±0,02	0,92±0,01
Пантотенова кислота (B3)	0,68±0,03	0,93±0,06	0,71±0,05
Фолієва кислота	0,08±0,01	0,17±0,02	0,13±0,04
Ніацин (PP)	3,56±0,03	4,18±0,02	3,74±0,01
Каротин	1,58±0,01	2,03±0,02	1,42±0,02
Біотин (H)	0,02±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01
Вітамін К	1,94±0,02	2,63±0,02	2,02±0,01

Аналіз вітамінного складу розробленого білково-вуглеводного напівфабрикату (табл. 3.28) свідчить, що цей напівфабрикат є джерелом досить широкого спектру вітамінів: аскорбінової кислоти, вітамінів РР, К та інших.

Для забезпечення санітарної безпеки нового продукту проведені дослідження за мікробіологічним показником на наявність бактерій групи кишкової палички, сальмонел, золотистого стафілокока, грибів, встановлено, що ці показники не перевищують допустимих санітарно-гігієнічних умов та відповідають вимогам чинних МБВіСН № 5061-89 (табл. 3.29).

Таблиця 3.29 – Характеристика мікробіологічних показників білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Найменування показників	Значення показника за нормативної документації	Фактичне значення показника
Білково-вуглеводний напівфабрикат Плантолакт1		
БГКП у 1 г	Не дозволено	Не виявлено
Staph. aureus в 10 г	Не дозволено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. Salmonella у 100 г,	Не дозволено	Не виявлено
КМАФАМ у 1 г, не більш	$3,0 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^2$
Кількість пліснявих грибів у 1 г, не більш	50	Не виявлено
Білково-вуглеводний напівфабрикат Плантолакт2		
БГКП у 1 г	Не дозволено	Не виявлено
Staph. aureus в 10 г	Не дозволено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. Salmonella у 100 г,	Не дозволено	Не виявлено
КМАФАМ у 1 г, не більш	$3,0 \cdot 10^3$	$2,9 \times 10^2$
Кількість пліснявих грибів у 1 г, не більш	50	Не виявлено
Білково-вуглеводний напівфабрикат Плантолакт3		
БГКП у 1 г	Не дозволено	Не виявлено
Staph. aureus в 10 г	Не дозволено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. Salmonella у 100 г,	Не дозволено	Не виявлено
КМАФАМ у 1 г, не більш	$3,0 \cdot 10^3$	$3,4 \times 10^2$
Кількість пліснявих грибів у 1 г, не більш	50	Не виявлено

Сучасна екологічна обстановка, особливо у Криворізькому регіоні, викликає необхідність аналізу показників на наявність у розробленому напівфабрикаті токсичних речовин та радіонуклідів (табл. 3.30).

Таблиця 3.30 – Вміст солей важких металів у відновленому білково-вуглеводному напівфабрикаті на основі молочної сироватки, мг/кг

Найменування групи солей	ГПК	Відновлений білково-вуглеводний напівфабрикат		
		Плантолакт1	Плантолакт2	Плантолакт3
Свинець (Pb)	0,3	0,11±0,03	0,13±0,04	0,09±0,01
Кадмій (Cd)	0,2	0,06±0,01	0,08±0,02	0,07±0,02
Цинк (Zn)	50,0	7,35±0,07	7,56±0,11	7,18±0,08
Ртуть (Hg)	0,02	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Миш'як (As)	0,2	Сліди	Сліди	Сліди

У результаті токсикологічних та радіологічних досліджень встановлено, що розроблений напівфабрикат відповідає вимогам нормативної документації по цим показникам [156].

Таким чином, проведені комплексні дослідження білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки свідчать про досить високу якість по важливішим біологічним та фізико-хімічним показникам, ступеню перетравлення, мікробіологічної безпеки, токсикологічних і радіологічних показників та рекомендують впровадження у підприємства ресторанного господарства для розширення асортименту десертної продукції.

Були досліджені наступні властивості білково-вуглеводного напівфабрикату: гігроскопічність, вологість, середній розмір частинок порошку, об'ємна маса напівфабрикату, куток откошу. Дослідження цих властивостей має практичне значення для характеристики напівфабрикату та рекомендацій по його використанню та зберіганню.

У зв'язку з тим, що отриманий білково-вуглеводний напівфабрикат - порошкоподібна суміш, то необхідно враховувати вплив вологи на фізичні властивості напівфабрикату. Тому, необхідно було дослідити гігроскопічні властивості сухих сумішей.

Результати залежності вологості сухого білково-вуглеводного напівфабрикату від відносної вологості повітря при температурі повітря 20°C наведені на рис. 3.13.

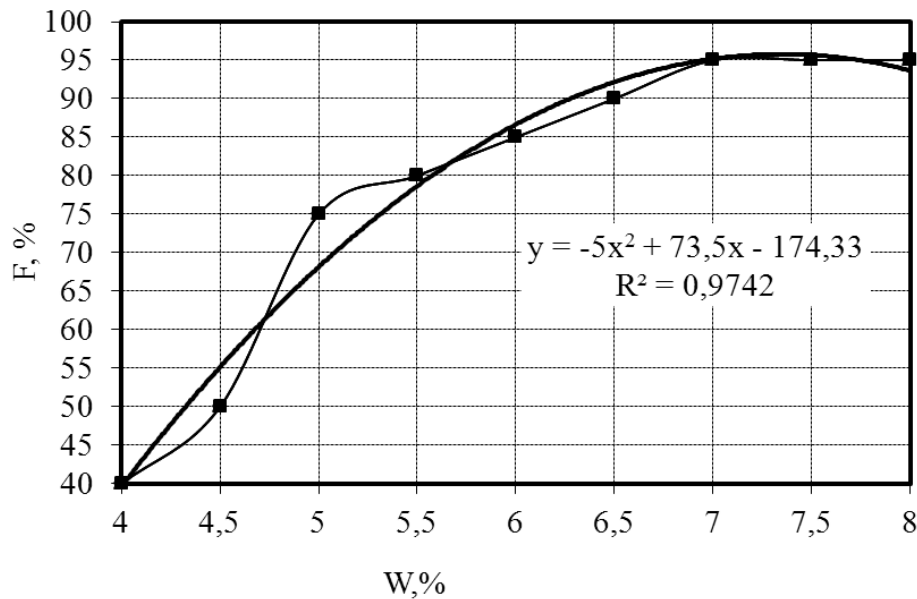


Рисунок 3.13 – Залежність вологості сухого білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки від відносної вологості повітря

З рис. 3.13 визначено, що при зміні відносної вологості повітря від 40 до 75% вологість напівфабрикату збільшується в середньому від 4 до 5%, при цьому порошкоподібний білково-вуглеводний напівфабрикат проявляє гарні сипучі властивості на всіх ділянках змін відносної вологості повітря.

При зберіганні поверхня гранул порошкоподібного білково-вуглеводного напівфабрикату покрита моно- та полімолекулярним шаром молекул води. За рахунок високої дисперсності часток напівфабрикат має гарну пористість та розчинність, а також при цьому утворюються мікро- та макропори, в яких адсорбується волога. При відносній вологості повітря до 70% порошкоподібний напівфабрикат агрегується, але зберігає сипучість, а при вологості більш 75% порошок злежується з утворенням грудочок. Тому для зберігання білково-вуглеводного напівфабрикату необхідно використовувати герметичну тару.

Дослідження структурно-механічних показників порошкоподібного білково-вуглеводного напівфабрикату наведені у табл. 3.31.

Таблиця 3.31 – Структурно-механічні показники порошкоподібного білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Порошкоподібний білково-вуглеводний напівфабрикат на основі молочної сироватки	Середній розмір часточок порошку, мкм	Об'ємна маса кг/м ³	Куток природного откосу, град
	20,4- 60,5	475	47

3.2.4 Обґрунтування термінів зберігання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

У процесі зберігання харчової сировини та напівфабрикатів в них протікають різноманітні фізико-хімічні зміни, які впливають на якість готової продукції, тому вивчення цих змін у розробленому білково-вуглеводному напівфабрикаті при зберіганні є необхідним.

При дослідженні напівфабрикат зберігали згідно вимог для зберігання сухих молочних продуктів (при температурі 18...20°C та вологості не більш 75%). Контроль якості напівфабрикату виконували з урахуванням наступних показників: органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних.

Зразки білково-вуглеводного напівфабрикату зберігали упакованими у герметичні паперові пакети.

Данні досліджень та зміни органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників напівфабрикату при зберіганні наведені у табл. 3.32. Таблиця 3.32 – Зміна органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки при зберіганні

Найменування показників	Характеристика показників після закінчення технологічного циклу	Тривалість зберігання, 6 міс.	Тривалість зберігання, 12 міс.
Плантолакт 1			
Органолептичні показники			
Зовнішній від	Однорідна сипуча маса, колір білий з кремовим відтінком	Без змін	Без змін

Продовження таблиці 3.32

Найменування показників	Характеристика показників після закінчення технологічного циклу	Тривалість зберігання, 6 міс.	Тривалість зберігання, 12 міс.
Консистенція	Сипуча, допускається наявність легко розсипних гудок	Без змін	Без змін
Смак та запах	Смак приємний, молочно-солодкий з присмаком рослинних наповнювачів, без стороннього присмаку, запах чистий, молочний з невираженим ароматом рослинних наповнювачів	Без змін	Без змін
Фізико-хімічні показники			
Масова доля сухих речовин, %	96,15	Без змін	Без змін
Мікробіологічні показники			
БГКП у 1 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Staph. aureus в 10 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. Salmonella у 100 г,	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
КМАФАМ у 1 г, не більш	$4,1 \cdot 10^2$	$3,7 \cdot 10^2$	$2,6 \cdot 10^2$
Кількість пліснявих грибів у 1 г, не більш	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Плантолакт 2			
Органолептичні показники			
Зовнішній від	Однорідна сипуча маса, колір білий з кремовим відтінком, однорідний	Без змін	Без змін
Консистенція	Сипуча, допускається наявність легко розсипних гудків	Без змін	Без змін
Смак та запах	Смак приємний, молочно-солодкий з присмаком рослинних наповнювачів, без стороннього присмаку, запах чистий, молочний з невираженим ароматом рослинних наповнювачів	Без змін	Без змін
Фізико-хімічні показники			

Кінець таблиці 3.32

Найменування показників	Характеристика показників після закінчення технологічного циклу	Тривалість зберігання, 6 міс.	Тривалість зберігання, 12 міс.
Масова доля сухих речових, %	96,57	Без змін	Без змін
Мікробіологічні показники			
БГКП у 1 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Staph. aureus в 10 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. Salmonella у 100 г,	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
КМАФАМ у 1 г, не більш	$2,9 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$
Кількість пліснявих грибів у 1 г, не більш	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Плантакт 3			
Органолептичні показники			
Зовнішній від	Однорідна сипуча маса, колір білий з кремовим відтінком, однорідний	Без змін	Без змін
Консистенція	Сипуча, допускається наявність легко розсипних гудків	Без змін	Без змін
Смак та запах	Смак приємний, молочно-солодкий з присмаком рослинних наповнювачів, без стороннього присмаку, запах чистий, молочний з невираженим ароматом рослинних наповнювачів	Без змін	Без змін
Фізико-хімічні показники			
Масова доля сухих речових, %	96,24	Без змін	Без змін
Мікробіологічні показники			
БГКП у 1 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Staph. aureus в 10 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. Salmonella у 100 г,	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
КМАФАМ у 1 г, не більш	$3,4 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	$2,7 \cdot 10^2$
Кількість пліснявих грибів у 1 г, не більш	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

Аналіз показників в табл. 3.32 свідчить, що за умови дотримання санітарно-гігієнічних вимог до процесу виробництва та відповідності сировини вимогам нормативної документації, при контрольованих термінах та умовах зберігання, в розроблених напівфабрикатах мікроорганізми санітарно-показових, умовно-патогенних груп та групи патогенних мікроорганізмів не виявлені. Кількість мікроорганізмів групи псування та КМАФАМ не перевищує допустимих рівнів вмісту протягом 12 місяців. Крім того, при зберіганні розробленого напівфабрикату не виявлено значних змін органолептичних, фізико-хімічних показників. Встановлено, що через 12 місяців зберігання напівфабрикат зберігає смак, запах та однорідність та сипучість, вміст сухих речовин не змінюється.

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна рекомендувати термін зберігання розроблених напівфабрикату – 12 місяців при температурі 18...20 °С та вологості не вище 75%.

3.2.5 Комплексний показник якості білково-вуглеводного напівфабрикату на онові молочної сироватки

Головними властивостями харчових продуктів є склад, раціональне співвідношення поживних речовин, органолептичні властивості тощо.

Оскільки якість розроблених білково-вуглеводних напівфабрикатів характеризується великою кількістю показників, була поставлена мета - розробити показники комплексної оцінки їх якості, для чого були використані методи кваліметрії.

Комплексний метод оцінки якості продукції полягає у вираженні оцінки рівня якості числом, що отримують при об'єднанні обраних одиничних показників в один комплексний показник якості [158].

На першому етапі розробляли ієрархічну структуру властивостей білково-вуглеводного напівфабрикатів, що необхідні для достовірної

оцінки їх якості. За рекомендаціями, при підготовці до випуску нової продукції та оцінці її якості доцільно використовувати ієрархічну структуру властивостей невеликої висоти та ширини, але достатню для глибокого вивчення механізму формування якості. В сучасних умовах при розробці нових технологій напівфабрикатів основними властивостями є групи властивостей функціонального призначення (властивості продукції як продукту), специфічних (органолептичні) властивостей та властивостей надійності (стабільність властивостей після зберігання). Розроблена структура (рис. 3.14) представлена у трьох рівнях. На першому рівні якість напівфабрикатів формується трьома групами – показники призначення, специфічні показники, показники надійності. На другому рівні показники призначення визначаються – енергетичною цінністю (А), біологічною цінністю (В), структурно-механічними властивостями (С); специфічні показники – органолептичними властивостями (D); показники надійності – стабільність властивостей після зберігання (E).

Третій рівень показників якості можна представити наступним чином:

- група А (енергетична цінність): PA_1 – вміст білків, PA_2 – вміст жирів, PA_3 – вміст вуглеводів;
- група В (біологічна цінність): PB_1 – ступінь перетравлення протеїназами шлунково-кишкового тракту, PB_2 – вміст незамінних амінокислот (відповідно до вимог ФАО/ВООЗ);
- група С (структурно-механічні властивості): PC_1 – гігроскопічність, PC_2 – середній розмір часточок порошку, PC_3 - об'ємна маса, PC_4 - кут природного откошу;
- група D (органолептичні властивості): PD_1 – зовнішній вигляд, PD_2 – колір, PD_3 – запах, PD_4 – смак, PD_5 – консистенція;
- група E (ступінь відтворюваності показників при зберіганні): PE_1 – органолептичних показників після 12 місяців зберігання, PE_2 – фізико-

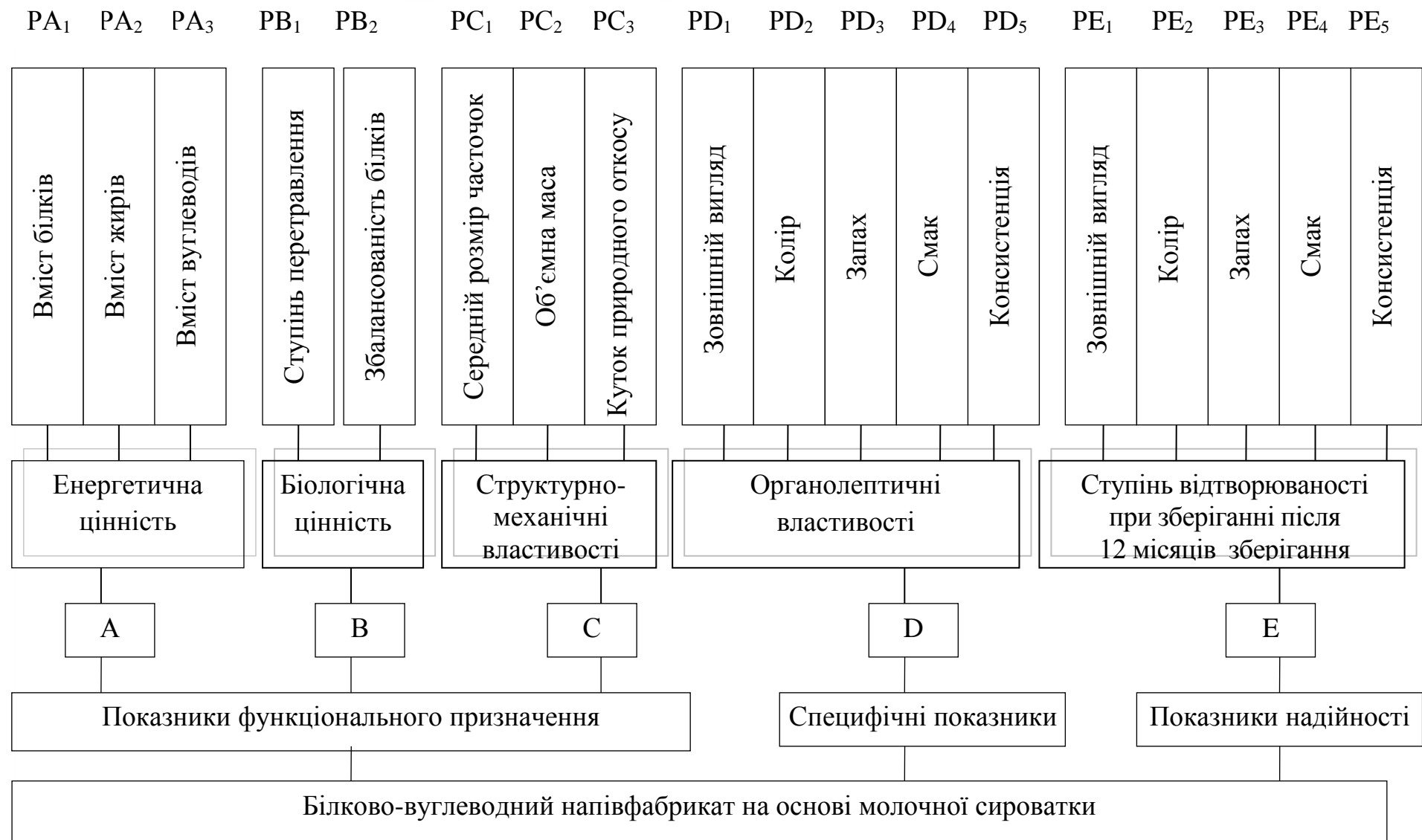


Рисунок 3.14 – Ієрархічна структура властивостей білково-вуглеводного напівфабрикату при централізованому виробництві

хімічних показників після 12 місяців зберігання, PE_3 - мікробіологічних показників після 12 місяців зберігання .

На наступному етапі визначали значення показників якості P_{ij} та інтервалу їх зміни ($P_{ij}^{min} \div P_{ij}^{max}$). Для визначення значень показників групи А, В, С, D та Е використовували інструментальні методи.

З метою обчислення групових показників використано дані табл. 3.33, де для властивостей групи D і Е (органолептичні) наведено оцінку за 50-бальною системою, а для груп А, В, С – значення, виміряні за допомогою стандартних методик. Для переведення абсолютних значень показників якості розроблених напівфабрикатів в безрозмірну їх оцінку (для органолептичних властивостей) застосували експоненціальну залежність, покладену в основу шкали бажаності Харрінгтона.

Базові показники ($P_{баз}$) для груп А, В, С становлять:

$$PA_{1баз} = 20,62\%,$$

$$PA_{2баз} = 0,24\%,$$

$$PA_{3баз} = 68,25\%;$$

$$PB_{1баз} = 100\%,$$

$$PA_{2баз} = 48,28\%;$$

$$PC_{1баз} = 2,0 \text{ мкм},$$

$$PC_{2баз} = 475 \text{ кг/м}^3 ;$$

$$PC_{3баз} = 47 \text{ град.}$$

Визначення відносних значень (P_i) проводили за формулами:

$$q_i = P_i/P_{iбаз} \quad (3.10)$$

$$q_i = P_{iбаз}/P_i \quad (3.11)$$

де P_i – значення i -го показника ($i = 1, 2, 3 \dots n$) якості оцінюваної продукції;

$P_{iбаз}$ – базове значення i -го показника;

n – кількість оцінюваних показників.

Залежність (3.10) вибирали в тому випадку, коли підвищення значення показника приводило до підвищення якості продукції в цілому, і

навпаки, формулу (3.11) використовували, коли зниження показника приводило до підвищення якості.

Таблиця 3.33 – Визначення відносних показників якості білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Одиниці вимірювання	Показники якості			Відносні показники якості				
	Код	Плантолакт1	Плантолакт2	Плантолакт3	Код	Плантолакт1	Плантолакт2	Плантолакт3
%	РА ₁	20,62	19,93	19,83	КА ₁	1	0,97	0,96
%	РА ₂	0,27	0,28	0,24	КА ₂	0,89	0,86	1
%	РА ₃	68,25	69,09	69,23	КА ₃	1	0,99	0,99
мкг/екв%	РВ ₁	71,8	78,1	81,9	КВ ₁	0,72	0,78	0,82
%	РВ ₂	46,10	47,65	48,28	КВ ₂	0,96	0,99	1
мкм	РС ₁	2,14	2,14	2,14	КС ₁	0,94	0,94	0,94
кг/м ³	РС ₂	475	475	475	КС ₂	1	1	1
град	РС ₃	47	47	47	КС ₃	1	1	1
бали	РD ₁	48	48	48	КD ₁	0,98	0,98	0,98
бали	РD ₂	46	47	46	КD ₂	0,94	0,95	0,94
бали	РD ₃	48	48	48	КD ₃	0,98	0,98	0,98
бали	РD ₄	47	47	47	КD ₄	0,95	0,95	0,95
бали	РD ₅	47	46	46	КD ₅	0,95	0,94	0,94
бали	РЕ ₁	47	47	47	КЕ ₁	0,95	0,95	0,95
бали	РЕ ₂	46	46	46	КЕ ₂	0,94	0,94	0,94
бали	РЕ ₃	47	47	47	КЕ ₃	0,95	0,95	0,95
бали	РЕ ₄	46	46	46	КЕ ₄	0,94	0,94	0,94
бали	РЕ ₅	46	46	46	КЕ ₅	0,94	0,94	0,94

Реальну вагомість кожного показника у сукупності оцінювали через коефіцієнти вагомості, для визначення яких використовували метод Дельфі, сутність якого полягає у створенні експертної групи, члени якої мають високі, але більш-менш однакові фахові навички в оцінці якості продукції.

Члени експертної групи оцінювали вагомість кожної з сукупності обраних властивостей, при цьому сума коефіцієнтів вагомості всіх властивостей приймалася рівній одиниці. Порядок опитування забезпечував експертам можливість здійснювати незалежне оцінювання вагомості властивостей продукції. Після попереднього оцінювання результати, що отримані кожним членом групи, були обговорені на засіданні експертної групи. З урахуванням обговорення кожний експерт повторно визначав вагомість властивостей продукції, а середньоарифметичні значення коефіцієнтів приймалися в якості вихідних для подальших розрахунків.

Визначення коефіцієнту вагомості кожного показника якості за групами здійснювалось з умовою, що сума всіх коефіцієнтів вагомості дорівнює 1:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1 \quad (3.12)$$

де M_i – коефіцієнт вагомості i -ого показника якості продукції ($M_i > 0$);

n – кількість показників якості продукції, що оцінюється.

$$M_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}, \quad (3.13)$$

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n M_{ij}, \quad (i = 1, 2, 3 \dots n), \quad (3.14)$$

де M_i – середнє арифметичне значення коефіцієнта вагомості i -ого показника якості;

n – кількість експертів;

M_{ij} – коефіцієнт вагомості i -ого показника якості продукції, що отриманий j -м експертом ($j = 1, 2, 3 \dots n$).

Результати визначення коефіцієнтів вагомості надано в табл. 3.34.

Розраховані коефіцієнти перевіряли на відповідність умові $\sum_{i=1}^n M_i = 1$:

Таблиця 3.34 – Вагомість показників за даними групи експертів

j	Коефіцієнт вагомості																						
	Група А			Група В		Група С			Група D					Група Е					Між групами властивостей				
	MA_1	M_{A_2}	M_{A_3}	M_{B_1}	M_{B_2}	M_{C_1}	M_{C_2}	M_{C_3}	M_{D_1}	M_{D_2}	M_{D_3}	M_{D_4}	M_{D_5}	M_{E_1}	M_{E_2}	M_{E_3}	M_{E_4}	M_{E_5}	А	В	С	Д	Е
1	0,45	0,20	0,35	0,50	0,50	0,35	0,30	0,35	0,10	0,10	0,10	0,40	0,30	0,10	0,10	0,10	0,40	0,30	0,20	0,15	0,05	0,30	0,30
2	0,45	0,25	0,30	0,40	0,60	0,40	0,30	0,30	0,10	0,05	0,05	0,40	0,40	0,10	0,05	0,05	0,40	0,40	0,20	0,10	0,10	0,25	0,35
3	0,45	0,10	0,45	0,70	0,30	0,40	0,35	0,25	0,10	0,25	0,10	0,35	0,20	0,10	0,25	0,10	0,35	0,20	0,20	0,15	0,05	0,30	0,30
4	0,50	0,35	0,15	0,45	0,55	0,45	0,25	0,30	0,05	0,05	0,10	0,35	0,45	0,05	0,05	0,10	0,35	0,45	0,25	0,20	0,05	0,25	0,25
5	0,55	0,25	0,20	0,60	0,40	0,45	0,30	0,25	0,25	0,05	0,10	0,40	0,20	0,25	0,05	0,10	0,40	0,20	0,15	0,15	0,10	0,30	0,30
6	0,50	0,20	0,30	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,10	0,25	0,10	0,30	0,25	0,10	0,25	0,10	0,30	0,25	0,20	0,20	0,05	0,25	0,30
7	0,45	0,25	0,30	0,55	0,45	0,50	0,25	0,25	0,15	0,15	0,15	0,35	0,20	0,15	0,15	0,15	0,35	0,20	0,25	0,20	0,05	0,20	0,30
M_i	0,479	0,228	0,293	0,529	0,471	0,436	0,286	0,278	0,121	0,129	0,100	0,364	0,286	0,121	0,129	0,100	0,364	0,286	0,208	0,164	0,064	0,264	0,300

$$\sum_{i=1}^n MA_i = 0,479 + 0,228 + 0,293 = 1;$$

$$\sum_{i=1}^n MB_i = 0,529 + 0,471 = 1;$$

$$\sum_{i=1}^n \tilde{N}_i = 0,436 + 0,286 + 0,278 = 1;$$

$$\sum_{i=1}^n MD_i = 0,121 + 0,129 + 0,100 + 0,364 + 0,286 = 1;$$

$$\sum_{i=1}^n ME_i = 0,121 + 0,129 + 0,100 + 0,364 + 0,286 = 1.$$

Для зведення оцінок якості окремих властивостей приймали адитивну модель комплексної оцінки у вигляді середньозважених арифметичних величин:

$$K_0 = \sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i. \quad (3.15)$$

Розрахунок значень якості для групи властивостей А:

$$KA_0 = (MA_1 \cdot KA_1) + (MA_2 \cdot KA_2) + (MA_3 \cdot KA_3), \quad (3.16)$$

Плантолакт1: $KA_0 = 0,975$,

Плантолакт2: $KA_0 = 0,951$,

Плантолакт3: $KA_0 = 0,978$.

Розрахунок значень якості для групи властивостей В:

$$KB_0 = (MB_1 \cdot KB_1) + (MB_2 \cdot KB_2), \quad (3.17)$$

Плантолакт1: $KB_0 = 0,833$,

Плантолакт2: $KB_0 = 0,879$,

Плантолакт3: $KB_0 = 0,905$.

Розрахунок значень якості для групи властивостей С:

$$KC_0 = (MC_1 \cdot KC_1) + (MC_2 \cdot KC_2) + (MC_3 \cdot KC_3), \quad (3.18)$$

Плантолакт1: $KC_0 = 0,974$,

Плантолакт2: $KC_0 = 0,974$,

Плантолакт3: $KC_0 = 0,974$.

Розрахунок значень якості для групи властивостей D:

$$KD_0 = (MD_1 \cdot KD_1) + (MD_2 \cdot KD_2) + (MD_3 \cdot KD_3) + (MD_4 \cdot KD_4) + (MD_5 \cdot KD_5), \quad (3.19)$$

Плантолакт1: $KD_0 = 0,956$,

Плантолакт2: $KD_0 = 0,955$,

Плантолакт13: $KD_0 = 0,953$.

Розрахунок значень якості для групи властивостей E:

$$KE_0 = (ME_1 \cdot KE_1) + (ME_2 \cdot KE_2) + (ME_3 \cdot KE_3) + (ME_4 \cdot KE_4) + (ME_5 \cdot KE_5), \quad (3.20)$$

Плантолакт1: $KE_0 = 0,942$,

Плантолакт2: $KE_0 = 0,942$,

Плантолакт3: $KE_0 = 0,942$.

Комплексну оцінку якості БРНМС визначали за формулою:

$$K_0 = (MA_0 \cdot KA_0) + (MB_0 \cdot KB_0) + (MC_0 \cdot KC_0) + (MD_0 \cdot KD_0) + (ME_0 \cdot KE_0), \quad (3.21)$$

Плантолакт1: $K_0 = 0,937$,

Плантолакт2: $K_0 = 0,939$,

Плантолакт3: $K_0 = 0,948$.

Результати розрахунку комплексних показників якості білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі молочної сироватки зведені в табл. 3.35.

Таблиця 3.35 – Комплексна оцінка якості білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Зразок	Значення якості за групами властивостей					Комплексна оцінка K_0
	$MA_0 \cdot KA_0$	$MB_0 \cdot KB_0$	$MC_0 \cdot KC_0$	$MD_0 \cdot KD_0$	$ME_0 \cdot KE_0$	
Плантолакт1	0,203	0,137	0,062	0,252	0,283	0,937
Плантолакт2	0,198	0,144	0,062	0,252	0,283	0,939
Плантолакт3	0,203	0,148	0,062	0,252	0,283	0,948

Аналіз отриманих даних показує, що комплексні показники якості білково-вуглеводних напівфабрикатів складають 0,937...0,948 од., що дає змогу позиціювати їх в інтервалі «дуже доброї» якості.

Таким чином, визначені комплексні показники якості підтверджують високу якість розроблених білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі молочної сироватки та доцільність їх застосування для виробництва готової продукції.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ У ВИРОБНИЦТВІ ДЕСЕРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

4.1 Напрямки використання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока у виробництві десертної продукції

4.1.1 Асортимент і технологія десертної продукції із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока

Узагальненням результатів попередніх досліджень встановлено, що білково-вуглеводний напівфабрикат може використовуватися не тільки в рамках реалізації положень інноваційної стратегії, що передбачає отримання на основі напівфабрикату десертної продукції, а й для виробництва широкого асортименту кулінарної продукції (рис. 4.1).

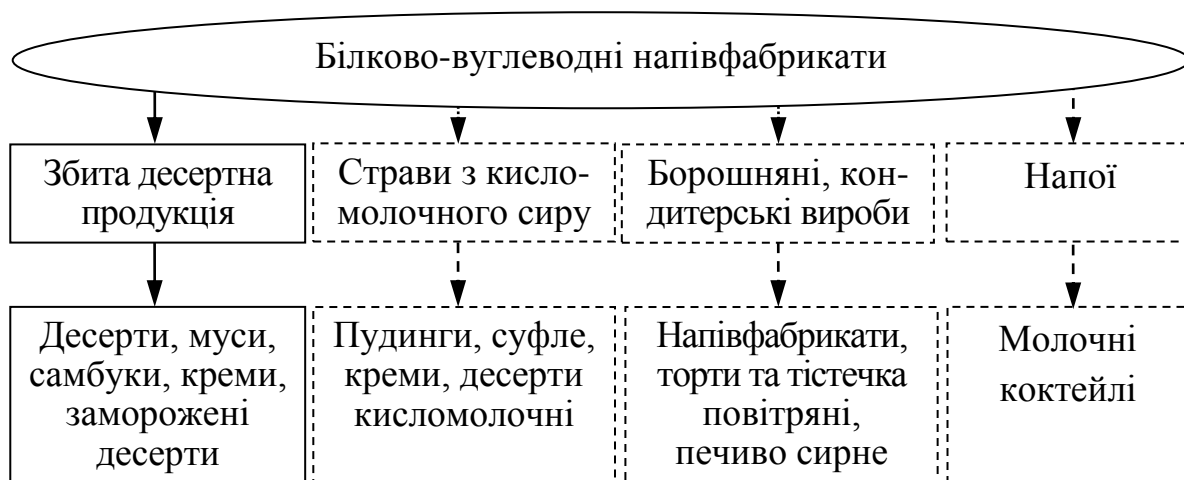


Рисунок 4.1 – Напрямки використання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока у виробництві кулінарної продукції

Так, на основі білково-вуглеводного напівфабрикату доцільно готувати деякі страви з кисломолочного сиру, при цьому, їх технологія спрощується за рахунок відсутності операції протирання кисломолочного сиру, а готові

страви мають вищі органолептичні властивості за рахунок реалізації ФТВ розробленого напівфабрикату. Також, білково-вуглеводний напівфабрикат на основі знежиреного молока може виступати основою фаршів та начинок для борошняних страв та виробів, борошняних кулінарних та кондитерських виробів, можуть бути включені в рецептури кремів, молочних коктейлів тощо.

Але за рахунок наявності у складі напівфабрикату поверхнево-активного казеїнату натрію та стабілізуючих властивостей пектину, доцільним є розробка на основі напівфабрикатів саме технологій десертної продукції. Нами розроблена принципова технологічна схема виробництва десертної продукції на основі білково-вуглеводних напівфабрикатів (рис. 4.2), що передбачає виробництво п'яти основних видів збитих десертних страв:

- збиті десерти з наповнювачами (кизил, гарбуз, полуниця свіжі або заморожені; персик, ананас консервовані; шоколад, какао, горіхи; смако-ароматичні речовини);
- збиті десерти з топінгом (соус з кизилу, терну, полуниці, малини, консервованого персику з вершками; вершково-шоколадний соус, кавово-коньячний топінг, товчені горіхи, кокосова стружка);
- фруктово-ягідні муси;
- страви типу мусу з вершками або морозивом;
- страви типу самбуку.

Для запропонованого асортименту страв спорідненим є послідовне виконання певної кількості загальних та індивідуальних операцій, що характеризують матеріальне перетворення розрізнених інгредієнтів на готову до вживання страву та її функціонування згідно поставленої мети. Дана послідовність відображена на рис. 4.2, та є технологічною системою виготовлення десертної продукції на основі білково-вуглеводного напівфабрикату, яку можна ієрархічно розділити на підсистеми за принципом впливу на окремі компоненти системи, та представити графічно (рис. 4.3).

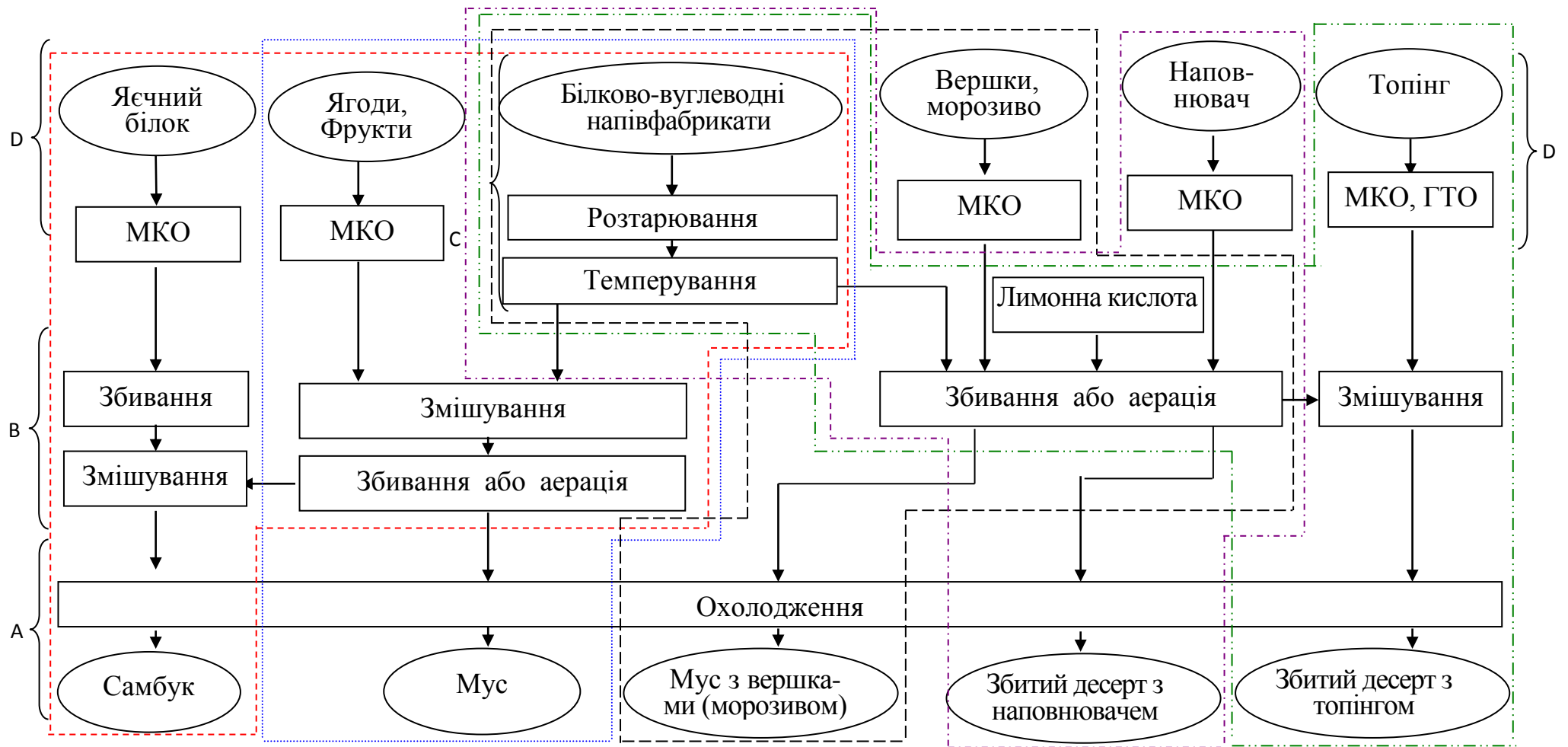


Рисунок 4.2 – Принципова технологічна схема виробництва десертної продукції на основі білково-вуглеводного напівфабрикату на основі знежиреного молока

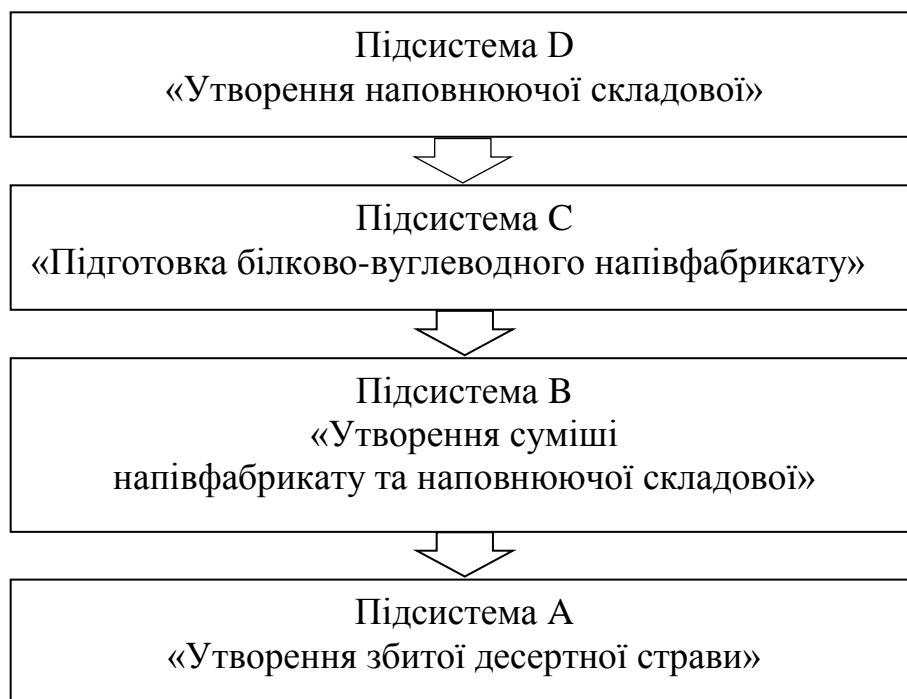


Рисунок 4.3 – Технологічна система виробництва десертної продукції на основі білково-вуглеводного напівфабрикату

Метою існування підсистеми D є виконання операцій з підготовки наповнювачів, топінгу, соусів, збивання яєчного білка (для самбуків), що є результатом здійснення операцій МКО (мийки, очистки, нарізки, подрібнення, протирання, збивання) та ГТО (бланшування, припускання, варки).

В якості наповнюючої складової використовують ягоди, в тому числі маловживані, фрукти, вершки, морозиво, яєчний білок, шоколад, горіхи тощо, що дозволяє розширити асортимент продукції та підвищити її поживну цінність.

Фруктово-ягідна сировина в рецептурах розроблених страв виступає джерелом простих вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин, а також сприяє перильстатичі кишечника та підтримує кислотну рівновагу. Крім того, використання рослинної сировини з кислим середовищем дозволяє повністю або частково замінити лимонну кислоту, що регулює утворення пектату кальцію.

У технології самбуків традиційно використовують яєчний білок, що є не тільки відмінним піноутворювачем, а й володіє еталонним вмістом та співвідношенням амінокислот. Вершки та морозиво використовують як джерело легкозасвоюваних жирів, що сприяє підвищенню поживної та енергетичної цінності страв. Інші додаткові інгредієнти використовують для формування високих органолептичних властивостей.

Підсистема С для всіх п'яти видів страв передбачає підготовку білково-вуглеводного напівфабрикату, що включає операції розкупорювання упаковки, нагрівання напівфабрикату до температури 80...82°C за допомогою СВЧ нагріву або на водяній бані.

Підсистема В включає змішування підготовленого напівфабрикату з фруктово-ягідними пюре (для мусів та самбуків), або з вершками, морозивом чи наповнювачем (для мусів з вершками та десертів з наповнювачем), або без добавок (для десертів з топінгом).

Підсистема А є завершальним етапом технологічної системи виробництва десертної продукції на основі напівфабрикату, і включає збивання суміші з температурою 25...30°C до збільшення об'єму в два рази з додаванням на заключній стадії лимонної кислоти. У разі виробництва самбуків після операції збивання масу змішують зі збитими яєчними білками із додаванням білково-вуглеводного напівфабрикату.

Після збивання страви порціонують і посипають цукровою пудрою, какао-порошком, кокосовою стружкою тощо, або оформлюють збитими вершками. При порціюванні десертів з топінгом страву зверху поливають соусом. Збиті десертні страви порціонують в креманки, фужери, різноманітні форми, вафельні стаканчики тощо. Після порціювання страви піддають охолодженню до температури 7...14°C та зберігають до реалізації не довше 2...3 годин.

4.1.2 Дослідження функціонально-технологічних властивостей композицій яєчного білка з білково-вуглеводним напівфабрикатом

Згідно розробленої принципової технологічної схеми виробництва десертних страв на основі білково-вуглеводного напівфабрикату (рис. 4.2) передбачається виробництво страв типу самбуку. Як відомо, традиційним піноутворювачем цих страв є яєчний білок. Відомо, що додавання перед збиванням до яєчного білка до 25% добавки вуглеводного або білкового характеру призводить до зростання структурно-механічних властивостей утвореної піни.

В нашому випадку білково-вуглеводний напівфабрикат, що містить білкові речовини та вуглеводи, може виконувати роль функціональної добавки для поліпшення ПУЗ та СП яєчного білка при збиванні, що дозволить заощаджувати певну кількість цього дорогого піноутворювача. Тому, з метою встановлення доцільності комбінування яєчного білка з напівфабрикатом і встановлення раціональної долі напівфабрикату було досліджено структурно-механічні та фізико-хімічні показники композицій яєчного білка з білково-вуглеводним напівфабрикатом при збиванні. В якості контрольного зразка використовували яєчний білок, ПУЗ якого становить 420%, СП – 82,3%, а ефективна в'язкість (при $\epsilon=1,8 \text{ c}^{-1}$) – 41,50 Па·с.

Результати досліджень показали, що при додаванні до яєчного білка білково-вуглеводних напівфабрикатів ПУЗ та СП змінюються значним чином (рис. 4.4).

Як видно з рис. 4.4, ПУЗ композицій яєчного білка з білково-вуглеводним напівфабрикатом змінюється екстремально зі збільшенням вмісту напівфабрикату, і має максимальне значення 461% при 15...20% вмісті кизилово-тернового напівфабрикату, 456% та 453% – при 15% вмісті кизилового та тернового напівфабрикату, що відповідно на 9,76%, 8,57% та 7,86% вище за ПУЗ яєчного білка. При подальшому збільшенні вмісту

напівфабрикату ПУЗ стрімко падає, і при 35%-му вмісті становить в середньому 96,43...98,10% від ПУЗ контролю.

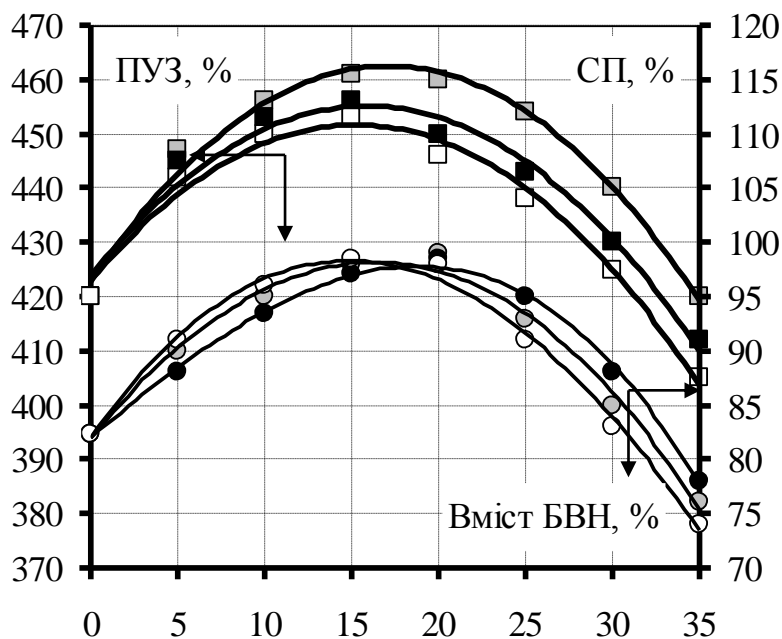


Рисунок 4.4 – Апроксимована залежність ПУЗ та СП композицій яєчного білка з білково-вуглеводним напівфабрикатом від вмісту добавки, %:

- , —●— — відповідно ПУЗ та СП композицій яєчного білка з кизилувим напівфабрикатом;
- , —○— — відповідно ПУЗ та СП композицій яєчного білка з терновим напівфабрикатом;
- , —●— — відповідно ПУЗ та СП композицій яєчного білка з кизилово-терновим напівфабрикатом

Максимальна СП спостерігається при 20% вмісті кизилового та кизилово-тернового напівфабрикатів та при 15% вмісті тернового напівфабрикату, і становить відповідно 99,0%, 98,5% та 99,0%, що на 19,68...20,29% вище СП контролю.

Порівнюючи вплив на структурно-механічні властивості яєчного білка добавок напівфабрикату, можна зробити висновок, що при однаковому їх вмісті кизилово-терновий напівфабрикат в більшому ступені підвищує ПУЗ та СП білка, ніж інші напівфабрикати.

З фізико-хімічної точки зору, підвищення структурно-механічних властивостей яєчного білка при додаванні білково-вуглеводного напівфабрикату, на нашу думку, можна пояснити сукупною дією ряду факторів.

Піноутворювання при збиванні нативного яєчного білка пов'язане з поверхневою денатурацією овоальбуміну, коли розгорнені поліпептидні ланцюжки у вигляді найтонших плівок оточують пухирці повітря. Відповідно до загальних уявлень швидкість поверхневої денатурації зворотно пропорційна концентрації білка, і має найбільшу швидкість в ізоелектричній точці овоальбуміну [66]. При утворенні піни відбувається сильний розвиток поверхні розділу на межі фаз рідина-газ. Зростання поверхні розділу залежить від розмірів повітряних пухирців. Чим більші розміри останніх, тим більша ця поверхня та більша сила поверхневого натягу. Ця сила прагне скоротити до мінімуму площу поверхні розділу фаз. Під дією сили поверхневого натягу пухирці повітря в піні прямують до агрегації, зменшуючи ступінь дисперсності піни.

Додавання до яєчного білка певної частки білково-вуглеводного напівфабрикату, що містить поверхнево-активні білкові речовини та білково-вуглеводні комплекси, призводить до пропорційного зменшення масової долі поверхнево-активного овоальбуміну, що повинно викликати зменшення ПУЗ та СП систем при збиванні.

Зворотня дія білково-вуглеводного напівфабрикату на формування структурно-механічних властивостей композицій пов'язана з електростатичною взаємодією компонентів рослинної тканини поліелектролітної природи між собою та з білками яєчного білка.

Тому, ймовірно, збільшення об'єму піни при введенні до 20% напівфабрикату пов'язане з послабленням електростатичного відштовхування між білками яєчного білка та пектиновими речовинами напівфабрикату, взаємодією пектинових речовин та утворенням комплексу біополімерів за рахунок міжмолекулярних зв'язків між яєчним білком та

пектиновими речовинами напівфабрикату, що сприяє максимальній участі останніх у процесі піноутворювання.

Частки нативного пектину мають негативний заряд високої щільності за рахунок дисоційованих карбоксильних груп, внаслідок чого вони взаємовідштовхуються. Кислоти, що зумовлюють слабокислу реакцію білково-вуглеводного напівфабрикату, зменшують ступінь дисоціації пектину, послабляючи сили електростатичного відштовхування. Так як сили притягання пектинових часток зосереджуються на кінцях цих часток, то при достатньому вмісті пектинових речовин утворюється просторова сітка, що пронизує всю систему. Укріплення цієї сітки забезпечується за рахунок водневих містків між карбоксильними та гідроксильними групами суміжних ланцюгів.

До складу білково-вуглеводного напівфабрикату входять дрібнодисперсні частки рослинної тканини, що переважно представлені клітковиною. Ці частки, адсорбуючись на поверхні пухирців, армують пінні плівки, підвищуючи стабільність піни. Під їх дією також відбувається звуження та закупорювання каналів Плато-Гіббса, що уповільнює процес синерезису піни. Погіршення ПУЗ та СП при вмісті напівфабрикату більше 20% відбувається через розрідження композицій та зменшення концентрації поверхнево-активного овоальбіміну.

В композиціях, що досліджуються, вміст пектинових речовин незначний, тому стверджувати, що ПУЗ та СП зростає лише за рахунок утворення просторової пектинової сітки, недоцільно.

Тому, досліджували динаміку зміни ефективної в'язкості (рис. 4.5.а) та рН композицій (рис. 4.5.б) від вмісту напівфабрикату.

З рис. 4.5.а видно, що в композиціях яєчного білка з кизилловим, терновим та кизилово-терновим напівфабрикатами за вмісту білково-вуглеводного напівфабрикату до 15%, коли ПУЗ та СП композицій зростають, ефективна в'язкість також зростає на 2,05%, 4,34% та 3,61% відповідно.

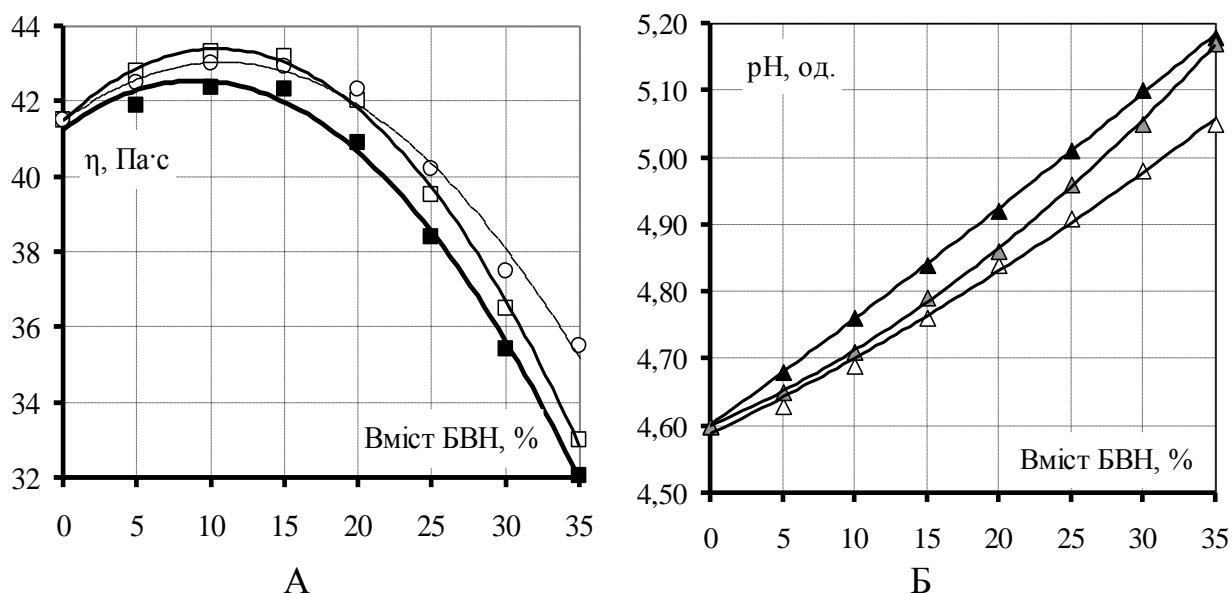


Рисунок 4.5 – Залежність ефективної в'язкості за швидкості зсуву $1,8 \text{ c}^{-1}$ (А) та рН (Б) композицій яєчного білка з напівфабрикатом від вмісту добавки: —■—, —□—, —○— — ефективна в'язкість композицій яєчного білка з кизилловим, терновим та кизилово-терновим напівфабрикатами відповідно; —▲—, —△—, —▲— — рН композицій яєчного білка з кизилловим, терновим та кизилово-терновим напівфабрикатами відповідно.

При подальшому збільшенні вмісту добавки ефективна в'язкість композицій лінійно знижується, і при 35%-му вмісті напівфабрикату становить відповідно 77,23%, 79,52% і 85,54% від в'язкості натурального яєчного білка.

На рис. 4.6 наведені залежності структурно-механічних властивостей композицій від їх в'язкості, аналізуючи котрі можна зробити висновок, що максимальні ПУЗ та СП мають композиції, в'язкість котрих знаходиться в межах в'язкості нативного яєчного білка. Таким чином, отримані дані підтверджують, що ПУЗ та СП є функціями від в'язкості.

Як відомо, ПУЗ, СП та ефективна в'язкість білково-вуглеводних систем значним чином залежать від іонної сили систем. Досліджуючи зміну рН композицій, було встановлено, що зі збільшенням вмісту в композиції білково-вуглеводного напівфабрикату рН лінійно зростає (рис. 4.5.б).

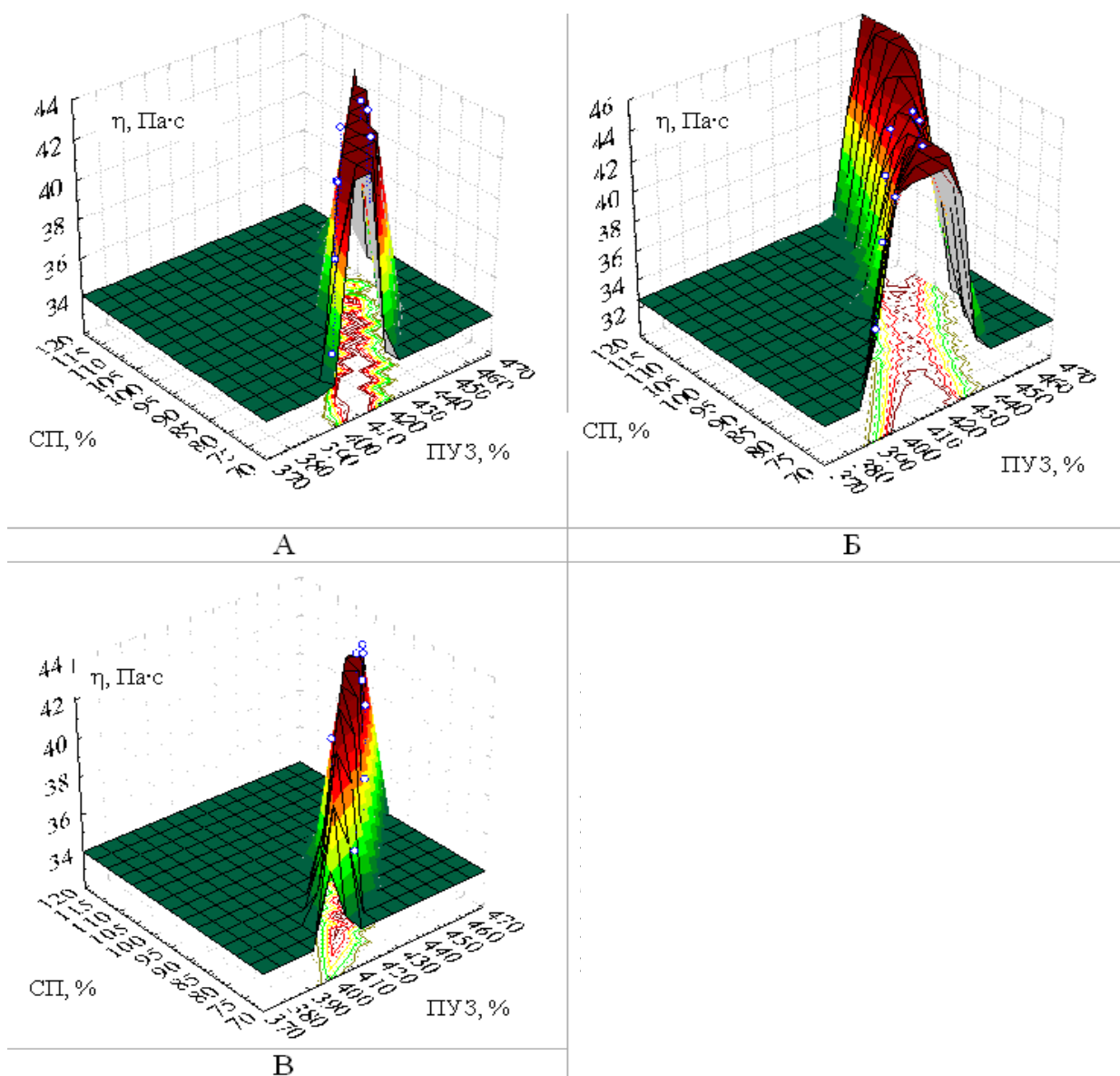


Рисунок 4.6 – Залежність структурно-механічних властивостей композицій від їх ефективної в'язкості:

- А) композиція яєчного білка з кизилковим напівфабрикатом;
- Б) композиція яєчного білка з терновим напівфабрикатом;
- В) композиція яєчного білка з кизилково-терновим напівфабрикатом

Зіставляючи дані про зміну структурно-механічних властивостей та рН композицій, можна зробити висновок, що найбільшу ПУЗ мають композиції, рН котрих становить 4,76...4,84, що відповідає ІЕТ овоальбуміну, яка за різними джерелами знаходиться в межах рН 4,65...4,88. Отже, підвищення ПУЗ пояснюється найбільшою швидкістю денатурації протеїну яєчного білка. Поряд із збільшенням ПУЗ зростає стійкість піни, що можна пояснити

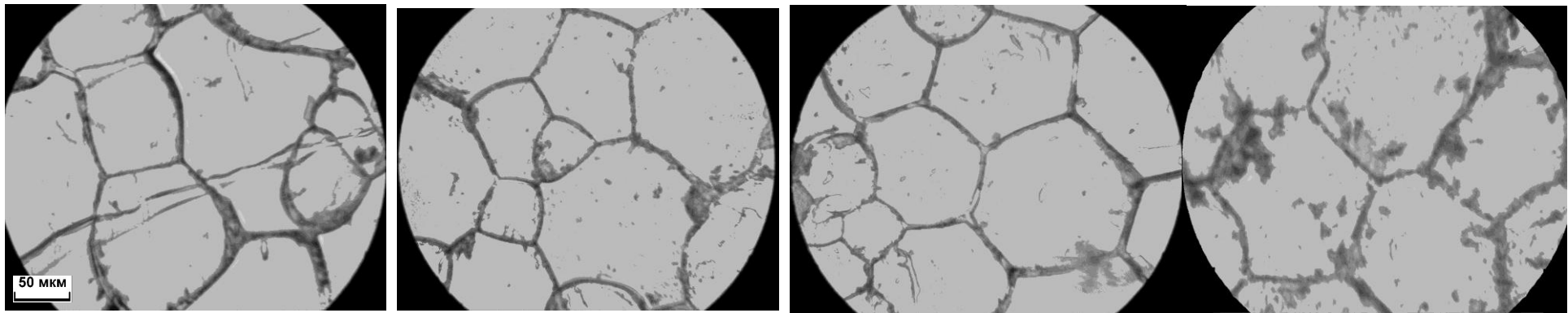
більшою стабільністю білково-вуглеводного комплексу порівняно з чистим протеїном.

Аналіз залежності ефективної в'язкості та рН композицій від вмісту білково-вуглеводного напівфабрикату показує, що зі збільшенням вмісту напівфабрикату до 15%, що призводить до зростання рН композицій на 0,16...0,24 од., їх ефективна в'язкість поступово зростає. Це пов'язано з в'язкістими та міцністими властивостями білково-вуглеводного напівфабрикату, послабленням електростатичного відштовхування між білками яєчного білка та пектиновими речовинами БВН та наявністю в системі твердих часток рослинної тканини.

Наступне зниження в'язкості при вмісті білково-вуглеводного напівфабрикату більше 15% можна пов'язати з кислотною денатурацією, коли молекули овоальбуміну втрачають симетрію, а за рахунок дисульфідних та водневих зв'язків утворюються агрегати, що розшаровують систему. А максимальне зниження ефективної в'язкості при вмісті білково-вуглеводного напівфабрикату 35% пов'язане зі збільшенням та наступним домінуванням у системах рідкої фази напівфабрикату.

Таким чином, можна зробити висновок, що поліпшення структурно-механічних властивостей композицій яєчного білка з вмістом білково-вуглеводного напівфабрикату до 20% пояснюється наявністю у напівфабрикаті поверхнево-активних властивостей, зростанням рН композицій до зони ІЕТ овоальбуміну, що обумовлює більш тісну взаємодію білків та пектинів в умовах послаблення електростатичного відштовхування між ними, і, як наслідок, позитивний вплив білково-вуглеводного напівфабрикату на ПУЗ та СП яєчного білка.

Розчини білково-вуглеводних композицій мають меншу силу поверхневого натягу порівняно з контролем, що відбивається у збільшенні розмірів пухирців (рис. 4.7) та зростанні товщини плівки розділу фаз (рис. 4.8), що пов'язано із збільшенням молекулярної маси біополімеру, який утворює ці плівки.



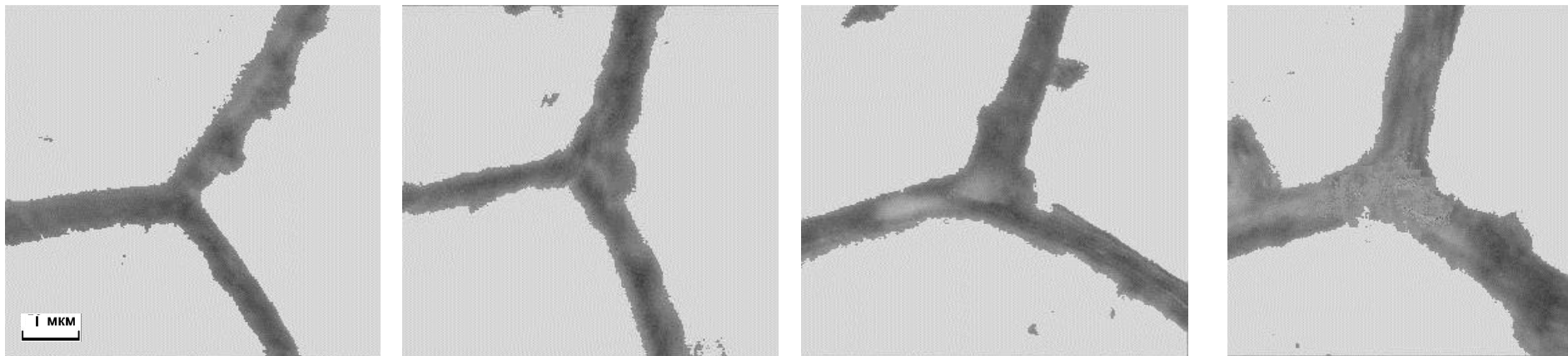
Яєчний білок

Композиція з 5%
вмістом напівфабрикату

Композиція з 10%
вмістом напівфабрикату

Композиція з 20%
вмістом напівфабрикату

Рисунок 4.7 – Мікрофотографії структури піни при різному вмісті в композиціях кизилового напівфабрикату



Яєчний білок

Композиція з 5%
вмістом напівфабрикату

Композиція з 10%
вмістом напівфабрикату

Композиція з 20%
вмістом напівфабрикату

Рисунок 4.8 – Мікрофотографії стінок пухирців піни при різному вмісті в композиціях кизилового напівфабрикату

Як вказувалося, вміст білково-вуглеводного напівфабрикату більше 20% значно погіршує ПУЗ та СП композицій, що пов'язано не тільки з фізико-хімічними, а й з колоїдними змінами. При цьому, рідина, що входить до складу напівфабрикату, розріджує композицію, запобігаючи утворенню та стабілізації пінної структури. Механізм цього процесу полягає в розклинненні окремих пухирців рідким прошарком.

При досягненні критичної концентрації рідкого прошарку пінна система перетворюється на газову емульсію, що можна прослідити на мікрофотографіях композицій яєчного білка зі значними частками кизилового напівфабрикату (рис. 4.9). Для аналогічних композицій з терновим та кизилово-терновим напівфабрикатами залежності відповідні.

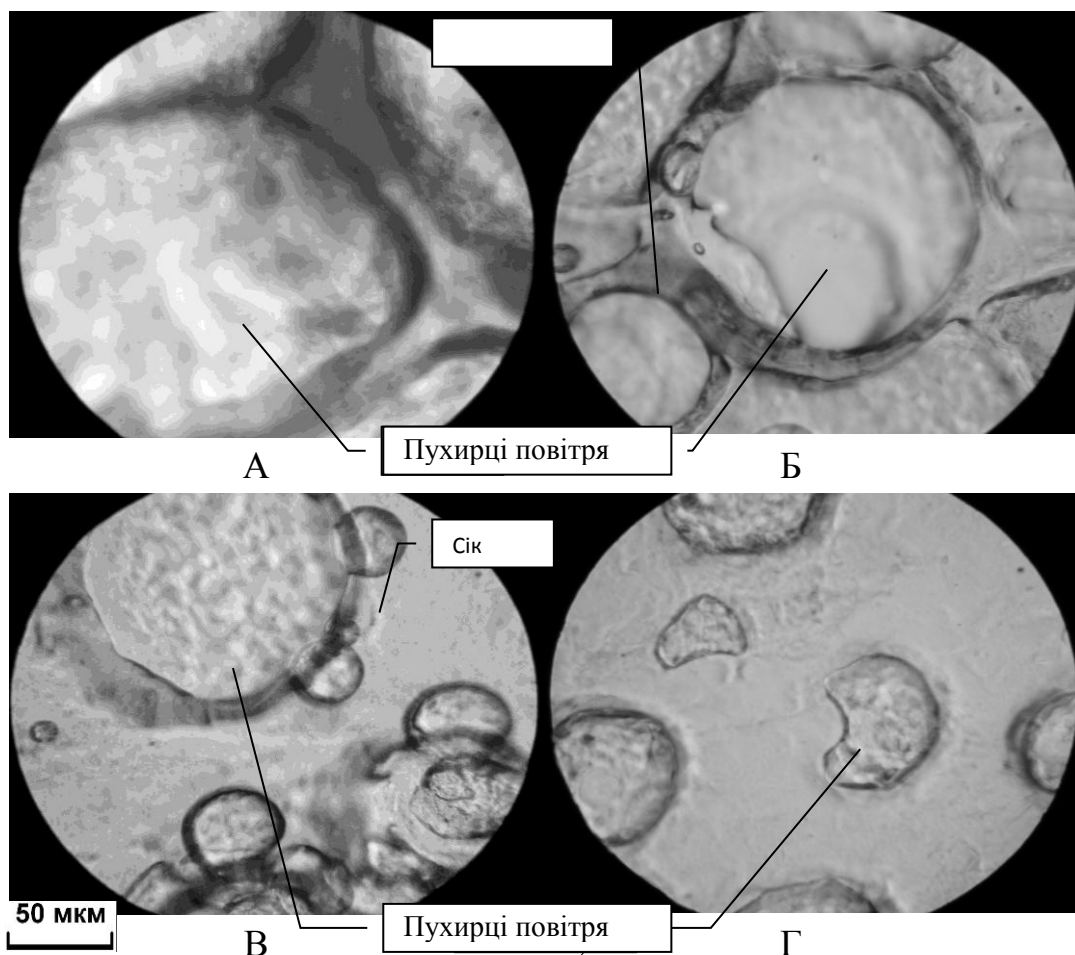


Рисунок 4.9 – Мікрофотографії збитих композицій яєчного білка з кизиловим білково-вуглеводним напівфабрикатом:

- А) 10%-й вміст напівфабрикату; Б) 20%-й вміст напівфабрикату;
В) 35%-й вміст напівфабрикату; Г) 45%-й вміст напівфабрикату.

На отриманих мікрофотографіях чітко видно, що зі збільшенням вмісту білково-вуглеводного напівфабрикату відбувається розклинення окремих пухирців білкової піни та заповнення простору між пухирцями не зв'язаним з піною напівфабрикатом.

Для визначення ролі пектинових речовин в процесі піноутворення яєчного білка досліджували ступінь участі в утворенні пінних структур водорозчинної і водонерозчинної фракцій пектинових речовин напівфабриката при сумісному збиванні з яєчним білком. Враховуючи отримані дані, збиванню піддавали композиції яєчного білка з 20%-ю часткою кизилового та кизилово-тернового напівфабрикатів, композицію яєчного білка з 15%-ю часткою тернового напівфабрикату.

Згідно методики композиції піддавали збиванню з відділенням пінної фракції кожні 60 с. Слід зауважити, що тривалість збивання композицій складала 3·60 с, коли вся композиція перетворилася на піну без залишку рідкої фракції, або її відбір не представлявся можливим.

Результати досліджень (табл. 4.1) відображають характер кількісної участі пектинових речовин у формуванні пінної структури.

Водорозчинна та нерозчинна фракції пектинових речовин білково-вуглеводного напівфабрикату грають не однакову роль в утворенні пінної структури. Якщо кількість нерозчинних пектинових речовин, що переходять в піну на перших етапах збивання значно не змінюється, то розчинні пектинові речовини відіграють більш значну роль у піноутворенні.

В утворенні першої пінної фракції композицій яєчного білка з кизилорим, терновим та кизилово-терновим напівфабрикатами, коли ПУЗ збільшується на 400%, 395% і 405%, бере участь 21,84%, 28,99% та 20,41% водорозчинних пектинових речовин відповідно.

В утворенні другої пінної фракції – 38,24%, 39,80% і 34,62% водорозчинних пектинових речовин, при цьому ПУЗ збільшується всього на 56%, 53% та 60% відповідно для композицій з кизилорим, терновим та кизилово-терновим напівфабрикатами відповідно.

Таблиця 4.1 – Розподіл пектинових речовин при піноутворюванні композицій яєчного білка з білково-вуглеводним напівфабрикатом, ($\alpha \leq 0,05$)

Тривалість обробки, с	Загальний вміст пектинових речовин в композиції, г	Вміст водорозчинних пектинових речовин в композиції до збивання, г	Розподіл розчинних пектинових речовин по фракціям після збивання, г		Вміст водонерозчинних пектинових речовин в композиції до збивання, г	Розподіл водонерозчинних пектинових речовин по фракціям після збивання, г	
			Рідка	Пінна		Рідка	Пінна
Композиція «Яєчний білок – Кизилловий напівфабрикат»							
60 с	0,222	0,174	0,136	0,038	0,048	0,043	0,005
120 с		0,136	0,084	0,052	0,043	0,040	0,003
180 с		0,084	–	0,084	0,040	–	0,040
Композиція «Яєчний білок – Терновий напівфабрикат»							
60 с	0,135	0,098	0,078	0,020	0,037	0,032	0,005
120 с		0,078	0,051	0,027	0,032	0,028	0,004
180 с		0,051	–	0,051	0,028	–	0,028
Композиція «Яєчний білок – Кизилово-терновий напівфабрикат»							
60 с	0,196	0,138	0,098	0,040	0,058	0,052	0,006
120 с		0,098	0,059	0,039	0,052	0,047	0,005
180 с		0,059	–	0,059	0,047	–	0,047

Водонерозчинна фракція на початкових стадіях збивання приймає значно меншу участь в піноутворюванні. Так, в першу і другу пінну фракції переходить 10,42% і 6,98%, 10,34% і 9,62%, 13,51% і 12,5% для композицій яєчного білка з кизилловим, терновим та кизилово-терновим напівфабрикатами відповідно.

При подальшому збиванні композиції, що досліджувалися, повністю перетворювалися на піну з повним залученням обох фракцій пектинових речовин у пінну структуру.

Можливо, незначну частку пектинових речовин, що утворюють перші пінні фракції, вступаючи в комплексоутворення з білками яєчного білка, можна

пояснити тим, що вони є структурними компонентами плівок. А подальший значний перехід пектинових речовин до піни пов'язаний з утриманням білково-вуглеводного напівфабрикату в каналах Плато-Гіббса.

Отримані дані підтверджують робочу гіпотезу про можливість використання білково-вуглеводного напівфабрикату не тільки як основи для збитої десертної продукції, а й в якості замітника певної частки яєчного білка в цих стравах з метою заощадження традиційних піноутворювачів. При цьому при збиванні яєчного білка доцільним є застосування білково-вуглеводного напівфабрикату з заміною 20% яєчного білка на кизилловий та кизилово-терновий напівфабрикати, або 15% – на терновий напівфабрикат.

4.1.3 Визначення інтегрального скору збитої десертної продукції на основі білково-вуглеводного напівфабрикату

Розрахунком інтегрального скору найбільш важливих нутрієнтів визначають харчову цінність продукту, яку розраховують на масу продукту, що відповідає 10% добової потреби в енергії. Для середньостатичної людини цей показник дорівнює 245 ккал.

В якості зразка для розрахунку харчової цінності нами обрано збиту десертну страву «Мус з вершками та шоколадом» (додаток М, рецептура 7), що містить на 100 г страви 60 г кизилово-тернового напівфабрикату, 16 г вершків 35% жирності, 10 г цукру, 10 г шоколаду та 4 г фундуку. Кизилово-терновий напівфабрикат обрано, так як він має середній хімічний склад серед напівфабрикатів, що розроблені.

Страва «Мус з вершками та шоколадом» масою 100 г має енергетичну цінність 220 ккал, а для задоволення потреби в енергії для чоловіка 18...29 років необхідно 112 г страви, що досліджується.

Розраховували ступінь задоволення добової потреби організму в основних харчових речовинах при споживанні 112 г даної страви (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Ступінь задоволення добової потреби організму в основних харчових речовинах при споживанні страви «Мус з вершками та шоколадом»

Харчові речовини	Вміст харчових речовин		Добова потреба	Ступінь задоволення, %
	в 100 г страви	в 112 г страви		
Білки, г	9,81	10,99	67	16,40
Жири, г	8,46	9,48	68	13,93
Вуглеводи, г	26,92	30,15	392	7,69
Мінеральні речовини, мг				
Натрій (Na)	63,00	70,56	4000	1,76
Калій (K)	228,10	255,47	2500	10,22
Кальцій (Ca)	170,60	191,07	1200	15,92
Магній (Mg)	103,44	115,85	400	28,96
Фосфор (P)	207,10	231,95	1200	19,33
Залізо (Fe)	1,68	1,88	15	12,54
Вітаміни, мг				
Вітамін С	0,60	0,67	50	1,34
Вітамін В ₁	0,10	0,11	2,0	5,60
Вітамін В ₂	0,26	0,29	2,0	14,56
Вітамін А	0,145	0,162	2,0	8,12
Незамінні амінокислоти, мг				
Валін	583,04	653,00	3000	21,77
Метіонін	367,20	411,26	3000	13,71
Лейцин	785,68	879,96	5000	17,60
Ізолейцин	511,76	573,17	3000	19,11
Лізин	628,60	704,03	4000	17,60
Треонін	418,34	468,54	4000	11,71
Триптофан	111,04	124,36	1000	12,44
Фенілаланін	482,60	540,51	3000	18,02
Сумарна кількість АК	3888,26	4354,85	26000	16,75

Аналіз табл. 4.2 свідчить, що ступінь задоволення добової потреби в білку при споживанні 112 г страви складає 16,40%, в жирах – 13,93%, у вуглеводах – 7,69%, в мінеральних речовинах – від 1,76 до 28,96%, у вітамінах – від 1,34 до 14,56%. Задоволення добової потреби у незамінних амінокислотах складає 11,71...21,77%, а за сумою незамінних амінокислот становить 16,75%.

4.2 Напрямки використання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки у виробництві десертної продукції

4.2.1 Дослідження процесів відновлення білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Білково-вуглеводний напівфабрикат на основі молочної сироватки варто віднести до напівфабрикату високого ступеню готовності, на основі якого виробництво готової продукції здійснюється по скороченій технологічній схемі, що передбачає відновлення напівфабрикату різними розчинниками (сироватка, знежирене молоко, овочеві та фруктові соки), перемішування або збивання з рецептурними компонентами, формування, порціонування, оформлення та реалізацію.

Відновлення (розчинення) білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки для подальшого використання у виготовленні десертної продукції є необхідною операцією. Тому були проведені дослідження щодо вивчення процесів відновлення та визначення рекомендовані параметри цього процесу.

Відомо, що швидкість розчинення залежить від температури розчинника, який застосовується для відновлення (рис. 4.10) [159]. Для відновлення напівфабрикату використовували молочну сироватку, знежирене молоко, рослинні соки та воду (контроль). У зв'язку з тим, що попередні дані свідчать, що температура розчинності гуарової камеді у системі з молочною сироваткою складає 60...65°C, доцільно було проводити дослідження у температурному діапазоні від 60°C до 95°C. Результати досліджень представлені на рис.4.10.

Встановлено (рис. 4.10), що розчинність білково-вуглеводного напівфабрикату залежить від температури рідини і має однакову закономірність для всіх розчинників - в інтервалі температур 60...95°C від 85% до 95% відповідно для кожного виду розчинника.

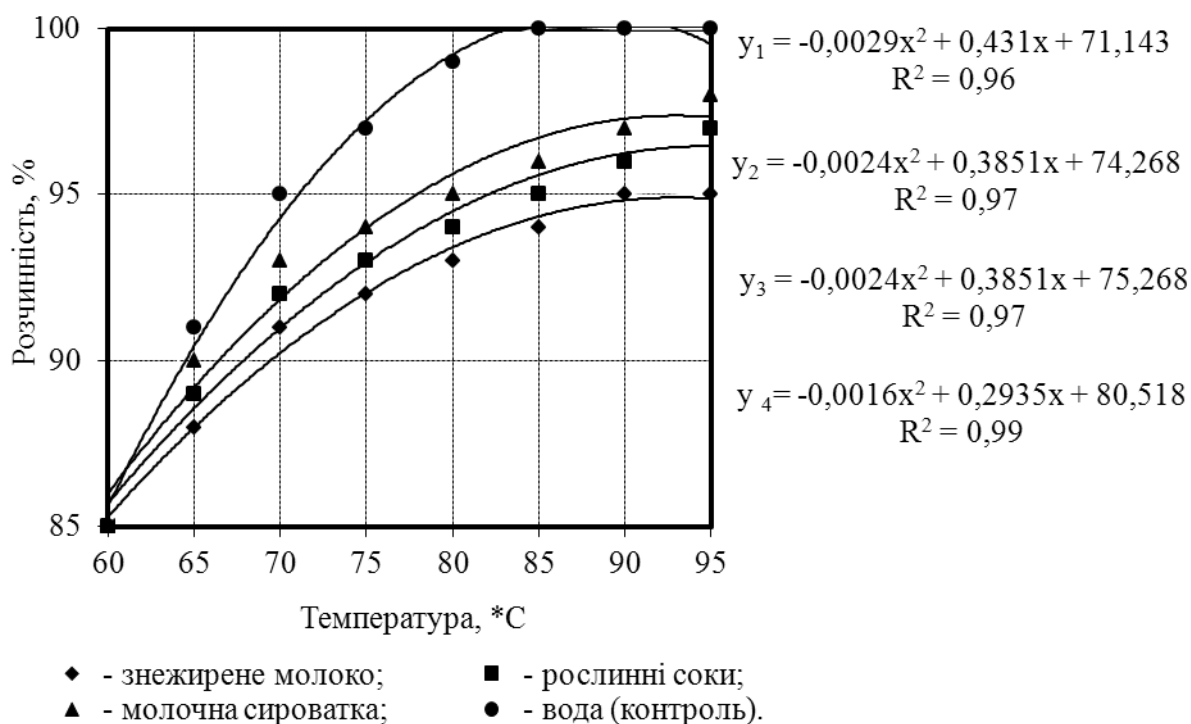


Рисунок 4.10 – Залежність розчинності білково-вуглеводного напівфабрикату з молочної сироватки від температури рідини

Причому, в інтервалі температур від 60 до 70°C розчинність білково-вуглеводного напівфабрикату зростає, а потім цей процес сповільнюється, і збільшення показника відбувається дуже незначно. Відновлення напівфабрикату при високих температурах розчиннику недоцільно оскільки викликає збільшення енергозатрат. Отже, рекомендованою температурою відновлення білково-вуглеводного напівфабрикату є температура, при якій відбувається максимальне зберігання вітамінів, а саме 60±2°C.

Є два способи відновлення сухих сумішей: розчинення в невеликій кількості рідини з наступним додаванням рідини, що залишилася, і внесення напівфабрикату в розрахункову кількість рідини. Встановлено, що для розробленого білково-вуглеводного напівфабрикату найбільш оптимальним є спосіб, при якому в необхідну кількість напівфабрикату додається при постійному перемішуванні рецептурна кількість рідини, потім отриману суміш залишають для повного розчинення інгредієнтів, періодично піддаючи механічному перемішуванню.

Динаміка розчинення білково-вуглеводного напівфабрикату залежно від тривалості при температурі рідини ($60\pm 2^\circ\text{C}$) представлені на рис. 4.11.

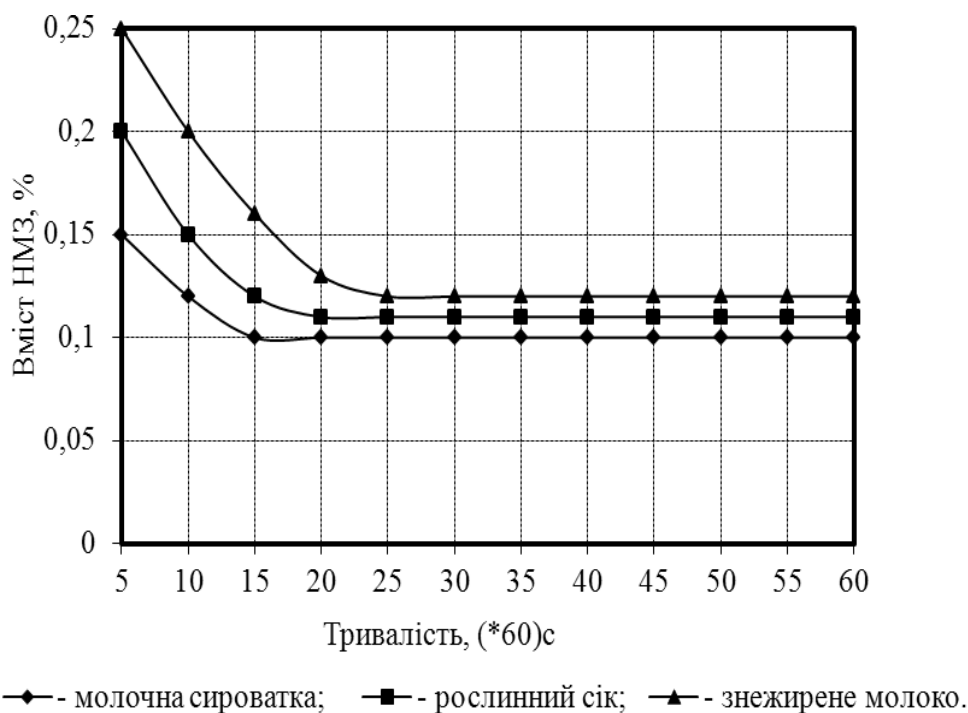


Рисунок 4.11 – Динаміка розчинення білково-вуглеводного напівфабрикату залежно від тривалості при температурі рідини $60\pm 2^\circ\text{C}$

В якості рідкої основи використовували молочну сироватку, знежирене молоко, рослинні соки, які за органолептичними показниками можна застосовувати у виробництві десертної продукції.

З наведених на рис. 4.11 даних видно, що повне відновлення білково-вуглеводного напівфабрикату спостерігається через (15...20)·60с, при цьому вміст нерозчинного молочного залишку становить 0,1...0,13 %.

Відомо, що відновлення або розчинність сухих сумішей залежить від їх гранулометричного складу, тому необхідно було провести дослідження залежності змочування частинок білково-вуглеводного напівфабрикату від його гранулометричного складу. Результати досліджень наведено у табл.4.3.

Таблиця 4.3 – Вплив гранулометричного складу білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки на змочування частинок

Розмір частинок напівфабрикату, мкм	Вміст частинок (мкм) по розміру, %		
	до 30	78,4±0,4	43,3±0,2
від 30 до 60	17,1±0,2	51,8±0,4	36,7±0,3
від 60 до 90	5,6±0,1	6,1±0,3	49,1±0,5
Середній розмір частинок, мкм	20,8±0,4	41,3±0,2	60,2±0,6
Змочування частинок, %	58,6±0,5	61,3±0,5	63,1±0,5

Отримані дані у табл. 4.3 надають можливість зробити висновок, що змочування частинок напівфабрикату зростає прямопропорційно зі зростанням розмірних характеристик частинок білково-вуглеводного напівфабрикату, але не суттєво.

Тому, середній розмір частинок напівфабрикату може варіювати від 20 до 60 мкм, що значно не впливає на ступінь змочування частинок.

Гідромодуль білково-вуглеводного напівфабрикату та рідини встановлено експериментально шляхом досліджень залежності в'язкості системи від цього співвідношення (рис. 4.12).

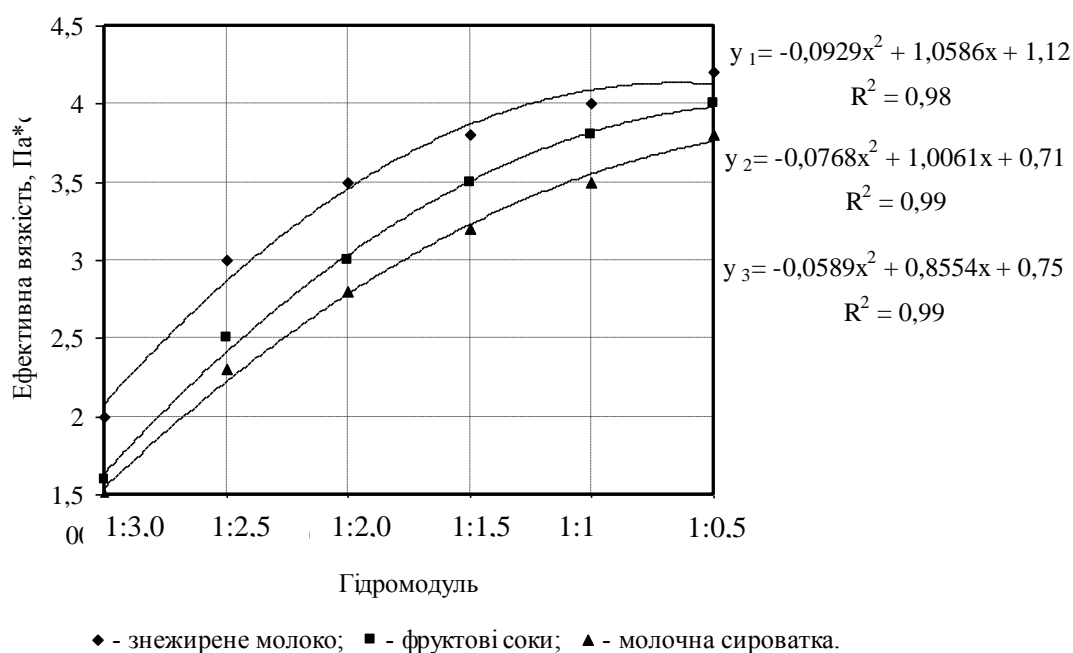


Рисунок 4.12 – Залежність в'язкості системи від гідромодулю білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки та рідини

Встановлено, що для отримання готової продукції необхідної консистенції в'язкість системи має бути в інтервалі $3 < \eta < 3,6$ Па·с [86, 97]. Тому, аналізуючи отримані данні (рис.4.12) можна зробити висновок, що оптимальний гідромодуль між порошкоподібним білково-вуглеводним напівфабрикатом і рідиною є: 1:2,0; 1:2,5 (для молока); 1:1,5; 1:2,0 (для соків) і 1:1,0; 1:1,5 (для сироватки). Це зумовлено тим, що при такому гідромодулі модельна система отримує оптимальну в'язкість.

Таким чином, у результаті проведених досліджень обґрунтовані оптимальні технологічні параметри умов відновлення білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки: температура відновлення $60 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом $(15 \dots 20) \cdot 60\text{с}$, гідромодуль (співвідношення напівфабрикат : рідина) 1:2,0; 1:2,5 (для молока); 1:1,5; 1:2,0 (для соків) і 1:1,0; 1:1,5 (для сироватки).

4.2.2 Розробка рекомендацій щодо використання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки у виробництві десертної продукції

Отримані результати по вивченню впливу різних факторів на функціонально-технологічні та реологічні показники системи покладені в основу технологічного процесу виробництва десертної продукції (самбуків, суфле, кремів) на основі білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки.

Відзнакою рецептурних сумішей, виготовлених на основі білково-вуглеводного напівфабрикату від базових є вилучення з рецептури таких компонентів, як яйця та желатин. Термін зберігання готової продукції встановлюємо згідно з попередніми дослідженнями на протязі 2...3 діб.

Технологічна схема виробництва самбуків на основі білково-вуглеводного напівфабрикату включає наступні операції:

- відновлення білково-вуглеводного напівфабрикату;

- охолодження отриманої суміші;
- підготовка рецептурних компонентів;
- з'єднання рецептурних компонентів з відновленим напівфабрикатом;
- збивання отриманої суміші;
- розлив у форми, охолодження і витримка продукту.

Білково-вуглеводний напівфабрикат на основі молочної сироватки можна використати у якості основи для виробництва гарячих солодких страв (суфле).

Технологічна схема виробництва суфле включає наступні операції:

- відновлення білково-вуглеводного напівфабрикату;
- охолодження отриманої суміші;
- підготовка рецептурних компонентів;
- з'єднання рецептурних компонентів з відновленим напівфабрикатом;
- збивання отриманої суміші;
- розлив у форми та випікання.

Рецептура виробництва самбуків та суфле із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки наведена в табл. 4.4. та 4.5.

Таблиця 4.4 – Рецептурний склад самбуків із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки, г

Назва компонентів	Рецептурний склад самбуків					
	“Сонячний”		“Сливка”		“Ванілька”	
	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто
Напівфабрикат	246	246	246	246	321	321
Вода	368	368	368	368	-	-
Знежирене молоко	-	-	-	-	642	642
Персикове пюре	286	286	-	-	-	-
Сливеве пюре	-	-	286	286	-	-
Ванілін	-	-	-	-	0,15	0,15
Вихід	-	1000	-	1000	-	1000

Таблиця 4.5 – Рецептурний склад суфле із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки, г

Назва компонентів	Рецептурний склад суфле					
	“Шоколейт”		“Журавлина”		“Мигдальне”	
	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто
Напівфабрикат	70	70	67	67	70	70
Сік рослинний	-	-	100	100	-	-
Знежирене молоко	140	140	-	-	140	140
Шоколад	25	25	-	-	-	-
Журавлина	-	-	125	85	-	-
Мигдаль	-	-	-	-	30	25
Ванілін	-	-	-	-	0,04	0,04
Борошно в/с	8	8	-	-	8	8
Масло вершкове	2	2	2	2	2	2
Вихід	-	300	-	300	-	325

Технологічна схема приготування самбуків та суфле із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки наведена на рис. 4.13. та 4.14.

Технологічна схема виробництва кремів з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки включає наступні операції:

- відновлення білково-вуглеводного напівфабрикату;
- охолодження отриманої суміші;
- підготовка рецептурних компонентів;
- з'єднання рецептурних компонентів з відновленим напівфабрикатом;
- збивання отриманої суміші;
- розлив у форми, охолодження і витримка продукту.

Рецептурний склад кремів із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки наведена в табл. 4.6.

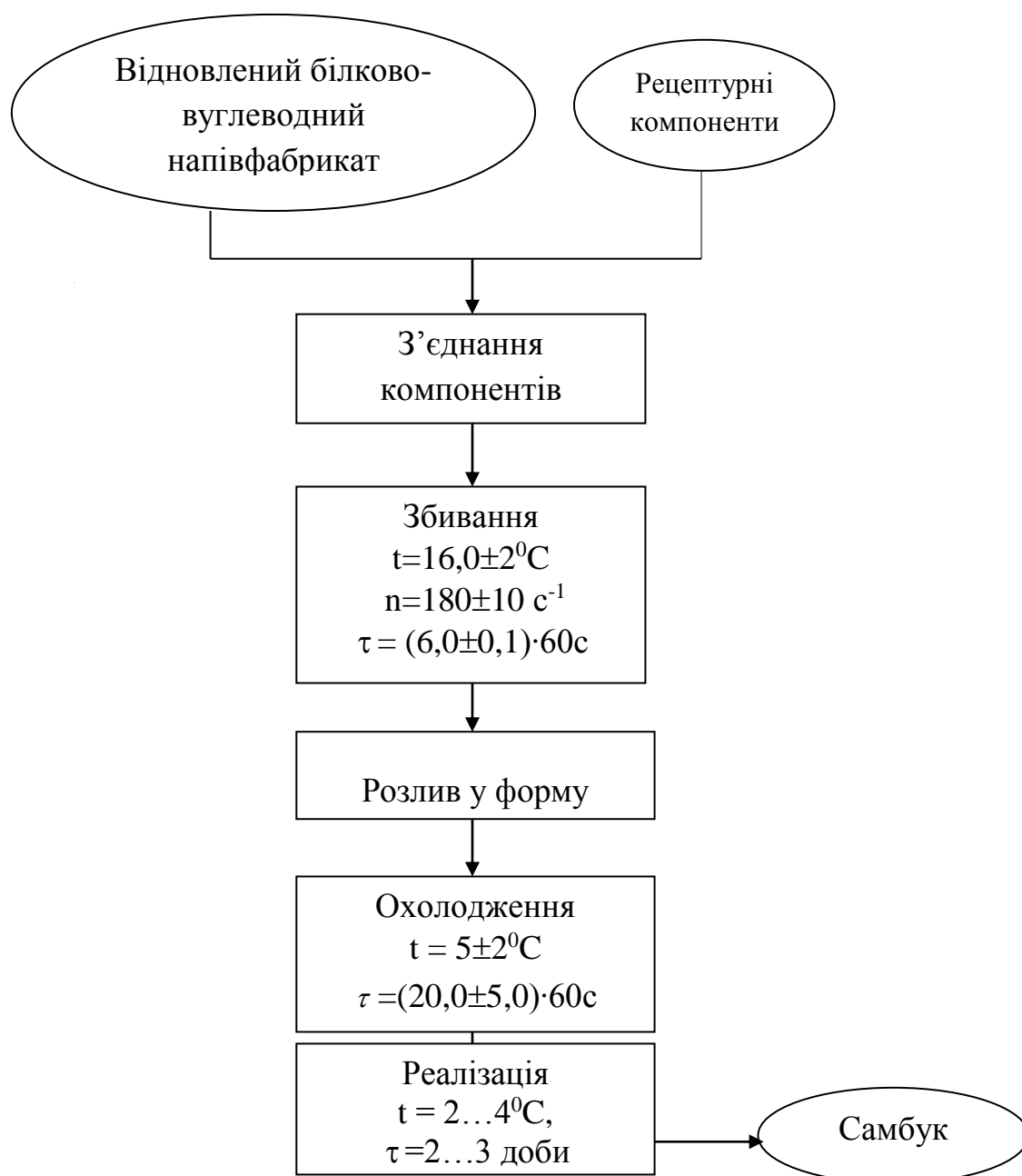


Рисунок 4.13 – Технологічна схема виробництва самбуку із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

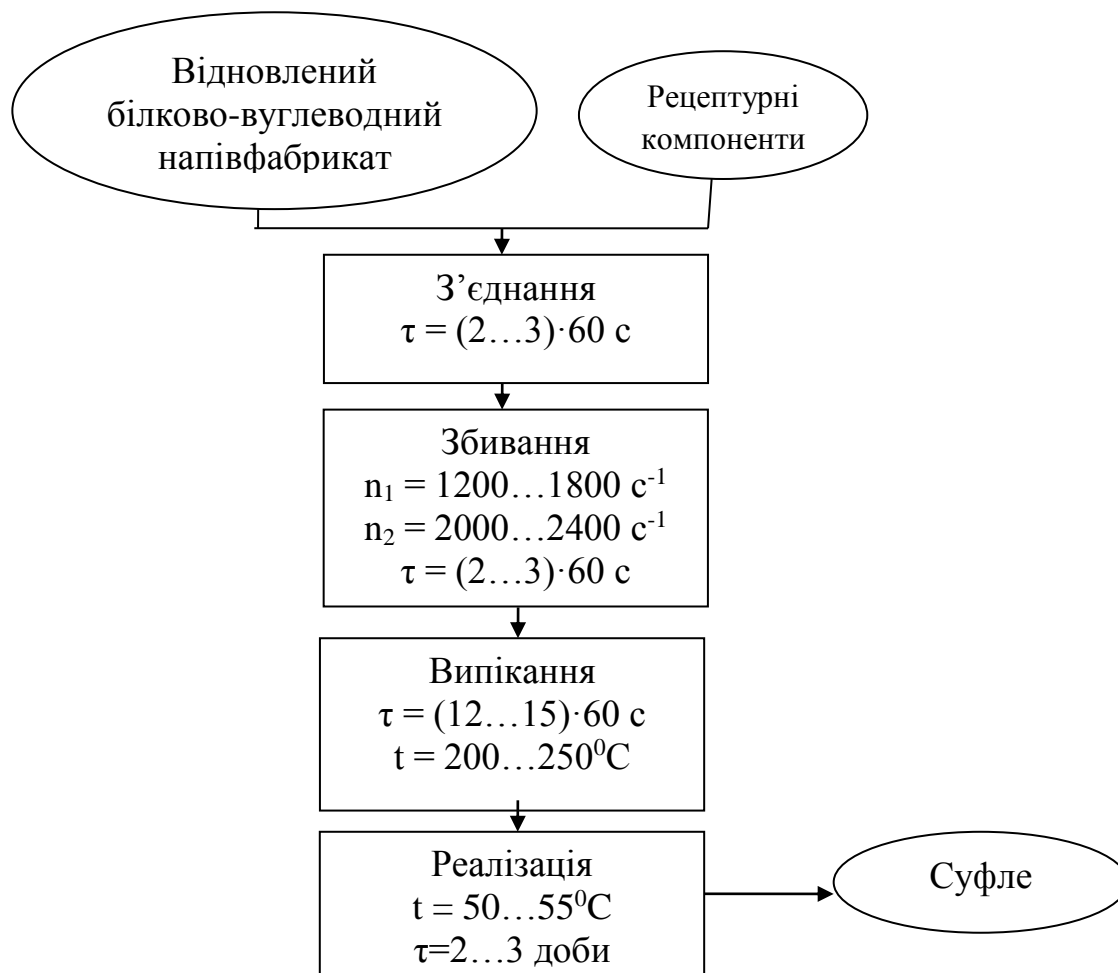


Рисунок 4.14 – Технологічна схема виробництва суфле із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Таблиця 4.6 – Рецептний склад кремів із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки, г

Назва компонентів	Рецептурний склад кремів із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки					
	“Мокачино”		“Ягідка”		“Фундук”	
	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто
Напівфабрикат	297	297	246	246	287	287
Сік рослинний	-	-	368	368	-	-
Вода	593	593	-	-	573	573
Кофейний настій	50	50	-	-	-	-
Смородинове пюре	-	-	386	386	-	-
Фундук очищений	-	-	-	-	165	140
Вихід	-	1000	-	1000	-	1000

Технологічна схема приготування кремів з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки наведена на рис. 4.15.

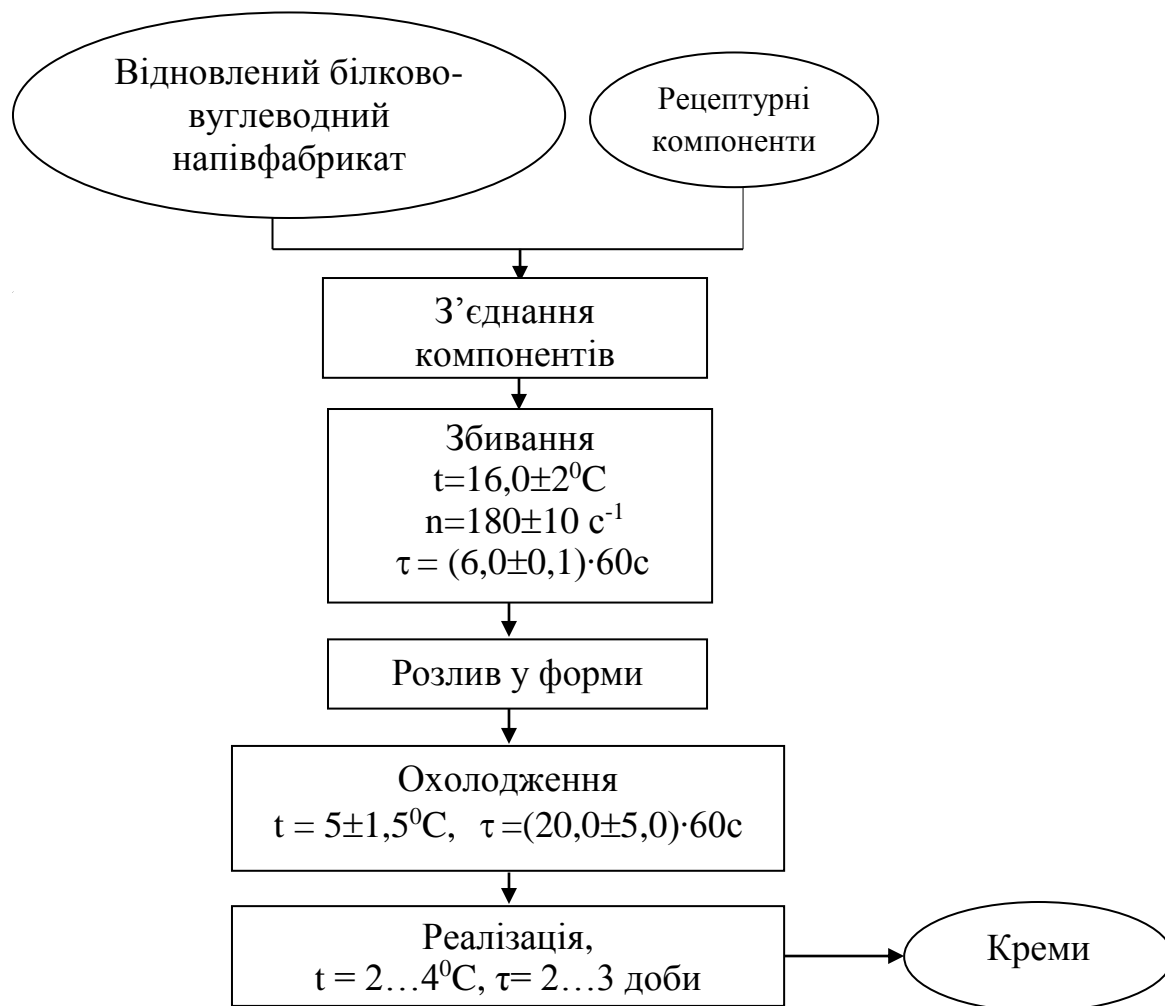


Рисунок 4.15. Технологічна схема виробництва кремів із використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

4.2.3 Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників десертної продукції з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Для вираження органолептичних показників десертної продукції з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки використовували бальну оцінку, тобто позначали показників якості за допомогою умовної системи балів (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Органолептична оцінка десертної продукції з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Показник	Коефіцієнт вагомості	Коефіцієнт вагомості характеристики показника	Характеристика показника	Зразки/Оцінка в балах											
				Самбук (контроль)	Самбук «Соляний»	Самбук «Сливка»	Самбук «Ванілька»	Суфле (контроль)	Суфле «Шоколейт»	Суфле «Журавлина»	Суфле «Мигдальне»	Крем (контроль)	Крем «Мокачино»	Крем «Ягідка»	Крем «Фундук»
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Зовнішній вигляд	0,2	1,0	Однорідність	5,00	4,95	4,95	5,00	4,88	4,80	4,78	4,80	5,00	5,00	4,90	4,90
Загальна оцінка характеристик показника				5,00	4,95	4,95	5,00	4,88	4,80	4,78	4,80	5,00	5,00	4,90	4,90
Загальна оцінка показника				1,00	0,99	0,99	1,00	0,98	0,96	0,96	0,96	1,00	1,00	0,98	0,98
Колір	0,2	0,4	Рівномірність	4,95	4,90	4,90	5,00	4,90	4,95	4,90	4,88	5,00	4,95	4,90	4,85
		0,2	Інтенсивність	3,55	4,30	4,55	4,00	4,00	4,00	4,55	3,50	4,80	4,75	4,80	4,30
		0,4	Натуральність	4,00	4,00	3,95	3,90	3,90	4,00	4,00	4,00	4,00	3,85	3,80	3,90
Загальна оцінка характеристик показника				4,29	4,42	4,45	4,36	4,32	4,38	4,47	4,25	4,50	4,45	4,48	4,40
Загальна оцінка показника				0,86	0,88	0,89	0,87	0,86	0,88	0,89	0,85	0,9	0,89	0,90	0,88
Консистенція	0,3	0,3	Однорідність	4,80	4,80	4,80	5,00	4,95	4,90	4,90	4,85	5,00	5,00	4,90	4,90
		0,5	Збитість	4,90	5,00	4,95	5,00	4,95	5,00	4,95	4,90	4,98	5,00	4,95	4,90
		0,2	Ніжність	5,00	4,95	4,90	4,95	5,00	4,95	5,00	4,90	5,00	4,90	4,95	4,90

Продовження таблиці 4.7

Показник	Коефіцієнт вагомості	Коефіцієнт вагомості характеристики показника	Характеристика показника	Зразки/Оцінка в балах											
				Самбук (контроль)	Самбук «Сонячний»	Самбук «Сливка»	Самбук «Ванілька»	Суфле (контроль)	Суфле «Шоколейт»	Суфле «Журавлина»	Суфле «Мигдальне»	Крем (контроль)	Крем «Мокачино»	Крем «Ягідка»	Крем «Фундук»
Загальна оцінка характеристик показника				4,89	4,93	4,90	4,99	4,97	4,96	4,95	4,89	4,99	4,98	4,94	4,90
Загальна оцінка показника				1,47	1,48	1,47	1,50	1,49	1,49	1,49	1,47	1,50	1,50	1,48	1,47
Запах	0,1	0,4	Виразність	3,50	3,75	3,90	3,65	3,90	4,00	3,80	3,90	4,20	4,50	4,00	3,90
		0,2	Інтенсивність	4,00	3,90	4,00	4,00	3,85	3,80	4,00	3,95	4,00	4,20	3,90	3,85
		0,4	Чистота	3,95	4,00	3,90	3,85	4,10	4,00	3,90	4,00	4,00	4,00	3,95	3,95
Загальна оцінка характеристик показника				3,78	3,88	3,92	3,80	3,97	3,96	3,88	3,95	4,08	4,24	3,96	3,91
Загальна оцінка показника				0,38	0,39	0,39	0,38	0,40	0,40	0,39	0,40	0,41	0,42	0,40	0,39
Смак	0,2	0,2	Виразність	3,50	3,95	4,00	3,90	4,50	4,65	4,80	4,00	4,35	4,65	4,80	4,50
		0,2	Збалансованість	3,80	4,00	3,90	4,00	4,30	4,55	4,75	3,95	4,00	4,00	4,65	4,30
		0,3	Чистота	4,00	3,90	3,95	4,00	4,30	4,00	4,20	4,00	4,25	4,00	4,00	4,00
		0,3	Натуральність	3,47	4,50	4,20	3,95	3,83	4,15	4,50	4,15	4,00	4,15	4,87	4,45
Загальна оцінка характеристик показника				3,70	4,11	4,03	3,97	4,20	4,29	4,52	4,04	4,15	4,18	4,55	4,30
Загальна оцінка показника				0,74	0,82	0,81	0,79	0,84	0,86	0,90	0,81	0,83	0,84	0,91	0,86
Загальна оцінка готових страв				4,53	4,56	4,55	4,54	4,57	4,59	4,63	4,49	4,64	4,65	4,67	4,58
Загальна оцінка готових страв, % до максимального				90,6	91,2	91,0	90,8	91,4	91,8	92,6	89,8	92,8	93,0	93,3	91,6

Аналізуючи данні табл. 4.7, слід відмітити, що значення органолептичних показників готових страв вище від контрольних зразків на 2,3...2,7% для самбуків, 0,4...1,5% - суфле, 0,2...0,4% - кремів, крім крему «Фундук» та суфле «Мигдального», показники яких на 1,1 та 1,8% нижче контролю за наступними показниками: однорідність консистенції, виразність, чистота та збалансованість смаку - для суфле; та рівномірність коліру, інтенсивність та ніжність консистенції – для крему.

Слід зазначити, що дослідженні зразки готової продукції з використання білково-вуглеводного напівфабрикату перевищують контрольні за наступними показниками: для самбуків це інтенсивність коліру, виразність та натуральність смаку; суфле – збалансованість та натуральність смаку; кремів – виразність та чистота смаку та запаху.

Органолептичні профілі типових представників асортиментного ряду десертної продукції з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки представлено на рис. 4.16...4.18, де зовнішній вигляд: 1- однорідність; колір: 2- рівномірність, 3- інтенсивність, 4- натуральність; консистенція: 5- однорідність, 6- збитість, 7- ніжність; запах: 8- виразність, 9- інтенсивність, 10- чистота; смак: 11- виразність, 12- збалансованість, 13- чистота, 14- натуральність.

Характеристика органолептичних показників десертної продукції з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки наведені у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Характеристика органолептичних показників десертної продукції на основі білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Назва виробів	Характеристика показників
Самбуки	<p>Зовнішній вигляд: чітко відформовані з оксамитовою поверхнею.</p> <p>Колір: відповідний даному виду самбуку. Допускаються незначні вкраплення часток фруктів, без сторонніх домішок.</p> <p>Запах: чистий, виражений, відповідний сировині, що входить до його складу.</p>

Кінець таблиці 4.8

Назва виробів	Характеристика показників
Самбуки	<p>Смак: кисло-солодкий, чистий, ніжний, відповідний сировині, що входить до його складу.</p> <p>Консистенція: пінна, дрібнопориста, ніжна, однорідна по всій масі, стійка.</p>
Суфле	<p>Зовнішній вигляд: поверхня глянцева, блискуча, без тріщин і здуттів, зберігає форму.</p> <p>Колір: однорідний, виражений, відповідний сировині, що входить до його складу, без сторонніх домішок.</p> <p>Запах: чистий, виражений, відповідний сировині, що входить до його складу.</p> <p>Смак: кисло-солодкий, чистий, ніжний, відповідний сировині, що входить до його складу.</p> <p>Консистенція: пориста структура, без деформації тріщин на поверхні.</p>
Креми	<p>Зовнішній вигляд: драгледоподібна пружна пориста маса, без грудків.</p> <p>Колір: однорідний, виражений, відповідний сировині, що входить до його складу, без сторонніх домішок.</p> <p>Запах: чистий, виражений, відповідний сировині, що входить до його складу.</p> <p>Смак: солодкий, чистий, ніжний, відповідний сировині, що входить до його складу.</p> <p>Консистенція: драгледоподібна, пружна, пориста, ніжна, однорідна.</p>

Аналіз органолептичних показників (табл.4.8) свідчить про високі якісні характеристики десертної продукції виготовлених на основі білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

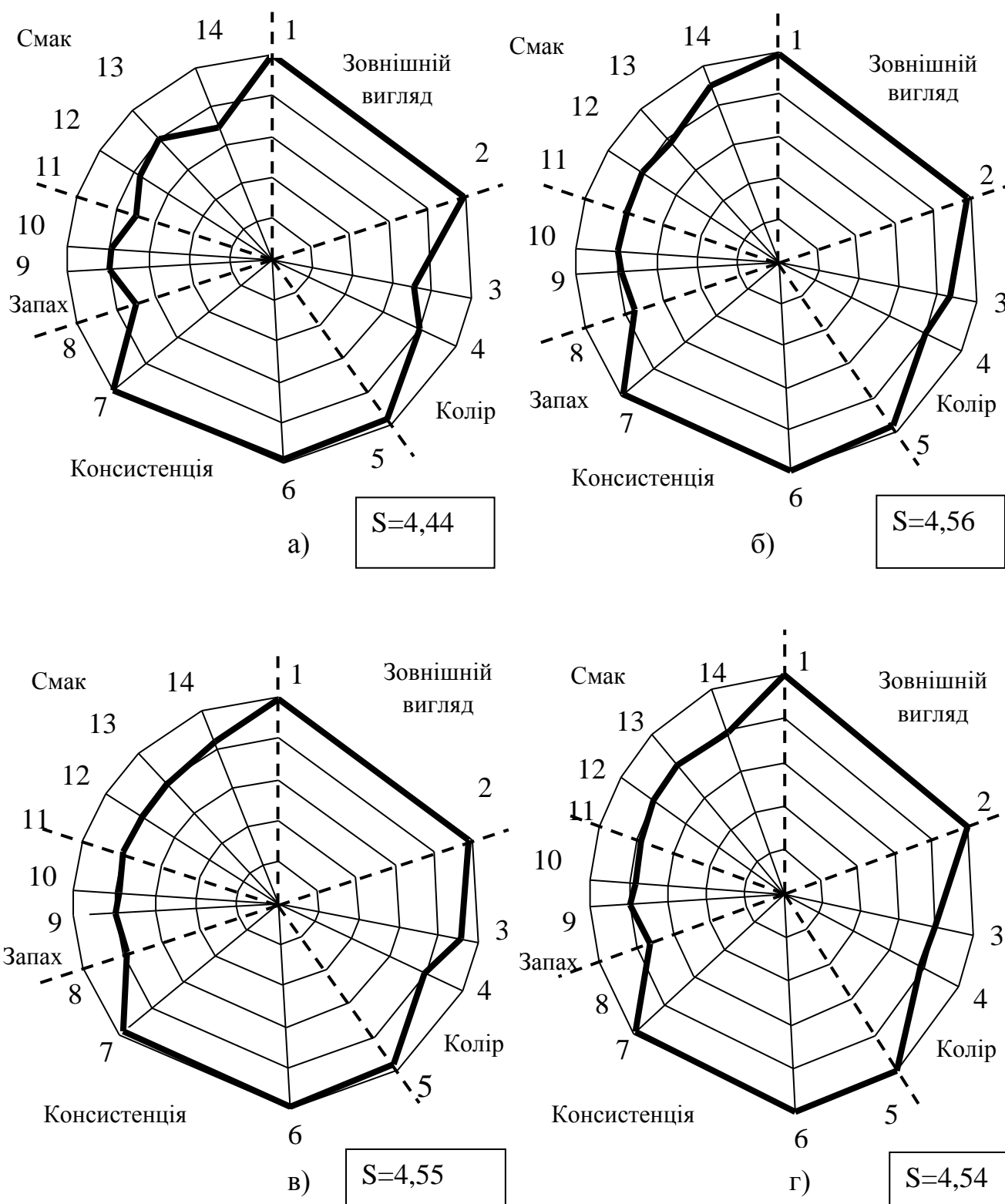


Рисунок 4.16 – Органолептичні профілі самбуків: а – самбук (контроль); б- самбук «Сонячний»; в- самбук «Сливка»; г- самбук «Ванілька»

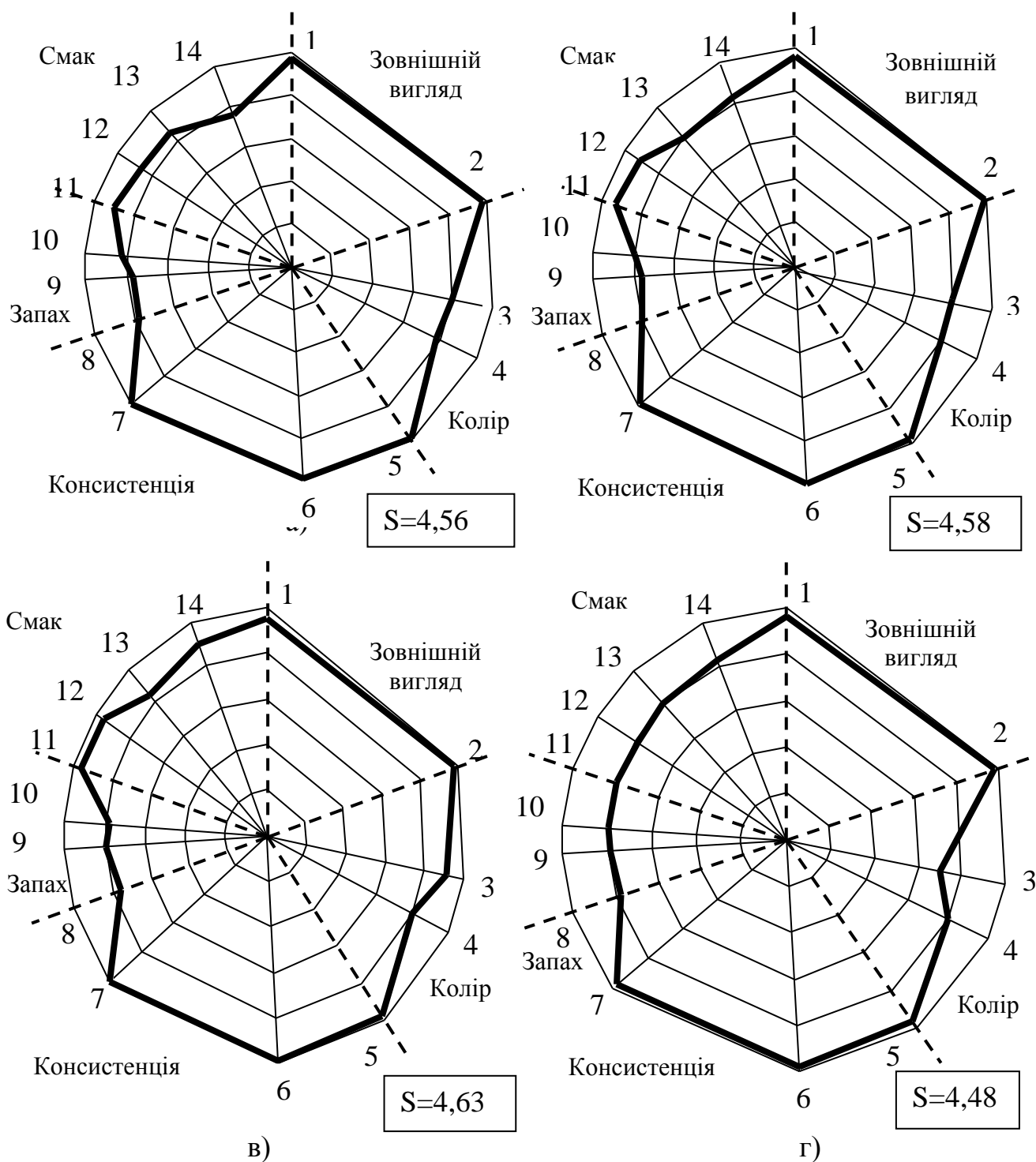
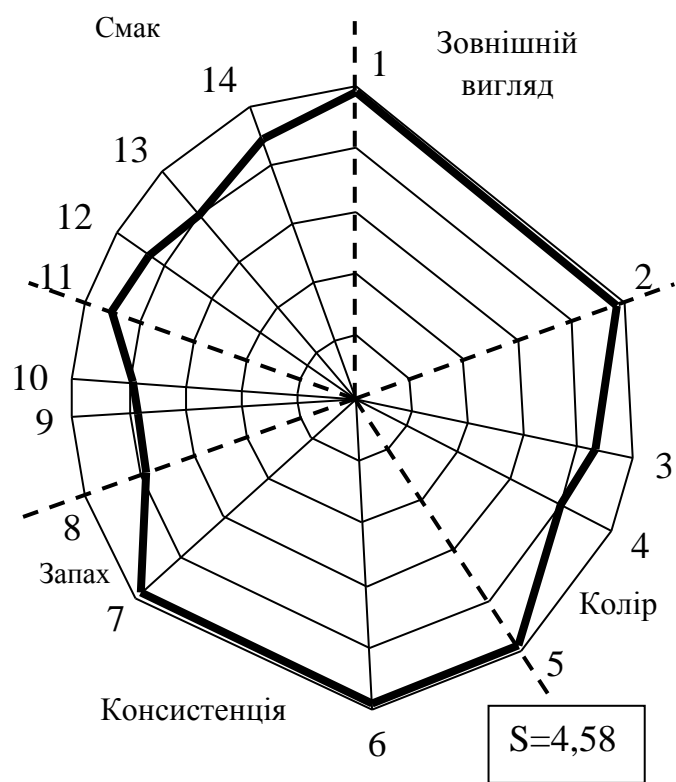
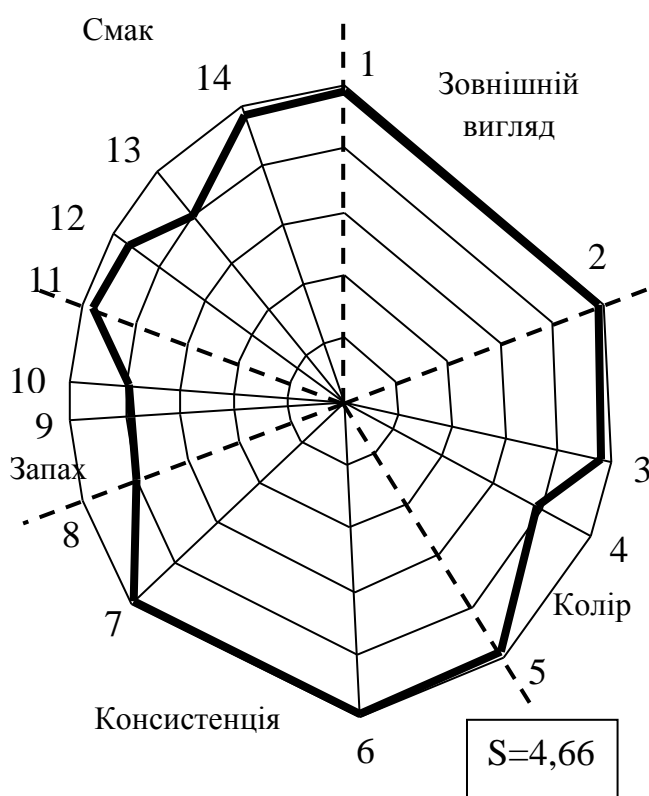
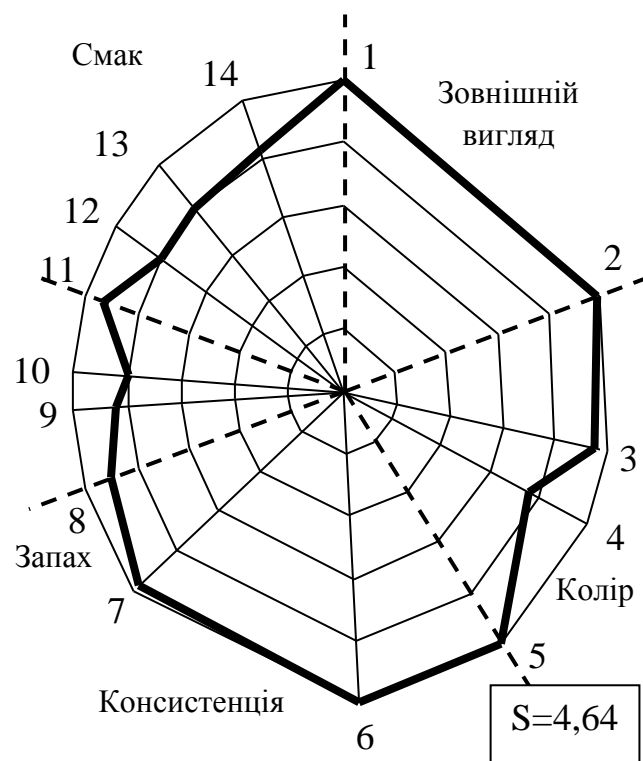
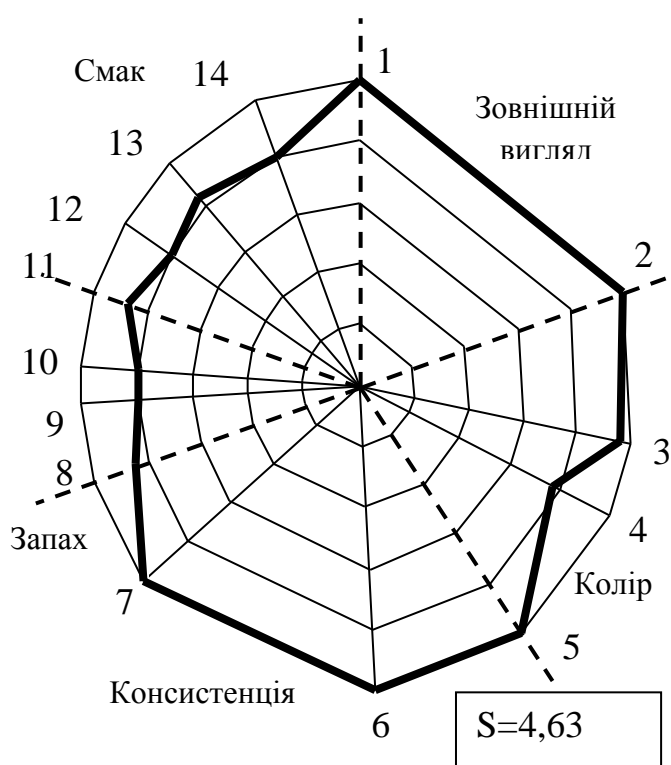


Рисунок 4.17 – Органолептичні профілі суфле: а – суфле (контроль); б- суфле «Шоколейт»; в- суфле «Журавлина»; г- суфле «Мигдальне»



в)

г)

Рисунок 4.18 – Органолептичні профілі кремів: а – крем (контроль); б – крем «Мокачино»; в- крем «Ягідка»; г- крем «Фундук»

Наступним етапом було визначення хімічного складу десертної продукції виготовленої на основі білково-вуглеводного напівфабрикату [160-162] (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 – Хімічний склад десертної продукції на основі білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки (на 100г)

Найменування показника	Самбуки на основі білково-вуглеводного напівфабрикату			
	Контроль	“Сонячний”	“Сливка”	“Ванілька”
Вологість, %	56,31±0,06	49,05±0,04	32,18±0,05	49,74±0,02
Білок, г	3,46±0,02	7,55 ±0,04	8,50 ±0,03	7,02 ±0,03
Жир, г	1,02 ±0,01	0,38 ±0,01	0,42 ±0,01	0,81 ±0,01
Вуглеводи, г	34,53 ±0,05	32,56 ±0,07	51,14 ±0,06	31,35 ±0,05
Клітковина, г	0,25 ±0,01	0,81 ±0,01	0,96 ±0,01	0,51 ±0,02
Зола, г	0,58 ±0,01	1,98 ±0,01	2,35 ±0,02	1,23 ±0,03
Кальцій (Ca), мг	35,16 ±0,06	76,83 ±0,08	74,72 ±0,04	66,81 ±0,12
Фосфор (P), мг	26,47 ±0,04	43,47 ±0,06	42,68 ±0,04	33,27 ±0,11
Магній (Mg), мг	13,18 ±0,03	23,63 ±0,05	25,62 ±0,03	13,23 ±0,07
Ферум (Fe), мг	1,11 ±0,01	2,18 ±0,02	2,26 ±0,02	1,83 ±0,04
Тіамін (B1), мг	0,67 ±0,01	1,13 ±0,01	1,46 ±0,01	0,32 ±0,01
Пантотенова кислота (B3), мг	0,73 ±0,01	1,24 ±0,01	1,18 ±0,01	0,28 ±0,01
Ніацин (PP), мг	0,62 ±0,02	1,93 ±0,02	1,85 ±0,01	0,87 ±0,02
Каротин, мг	2,94 ±0,05	7,51±0,07	5,46 ±0,05	5,52 ±0,11
Суфле на основі білково-вуглеводного напівфабрикату				
	Контроль	“Шоколейт”	“Журавлина”	“Мигдальне”
Вологість, %	40,19±0,03	34,21±0,02	36,06±0,04	35,36±0,03
Білок, г	3,05±0,02	9,72±0,01	9,84±0,02	9,14±0,02
Жир, г	1,04±0,01	0,91±0,01	0,56±0,01	1,14±0,01
Вуглеводи, г	51,14±0,05	48,31±0,03	48,17±0,04	47,85±0,03
Клітковина, г	0,07±0,01	1,40±0,02	1,52±0,01	1,04±0,02
Зола, г	1,58±0,03	3,57±0,02	3,38±0,02	3,42±0,03
Кальцій (Ca), мг	36,45±0,04	134,11±0,05	154,15±0,06	103,58±0,05
Фосфор (P), мг	26,37±0,04	68,26±0,03	72,34±0,04	59,47±0,03
Магній (Mg), мг	9,67±0,02	23,86±0,02	23,56±0,02	24,76±0,02
Ферум (Fe), мг	1,88±0,01	3,15±0,01	3,62±0,01	3,34±0,01
Тіамін (B1), мг	0,14±0,01	0,72±0,02	0,74±0,01	0,83±0,01
Пантотенова кислота (B3), мг	0,08±0,01	0,85±0,01	0,84±0,02	0,56±0,01
Ніацин (PP), мг	0,93±0,02	2,84±0,01	2,68±0,02	2,05±0,02
Каротин, мг	3,42±0,02	9,27±0,03	9,58±0,03	8,03±0,03

Продовження таблиці 4.9

Найменування показника	Самбуки на основі білково-вуглеводного напівфабрикату			
	Контроль	“Сонячний”	“Сливка”	“Ванілька”
Креми на основі білково-вуглеводного напівфабрикату				
	Контроль	“Мокачино”	“Ягідка”	“Фундук”
Вологість, %	62,43±0,03	61,06±0,03	59,32±0,05	65,03±0,02
Білок, г	3,83±0,01	6,93±0,02	7,25±0,02	7,03±0,03
Жир, г	8,46±0,03	0,75±0,01	0,29±0,01	1,15±0,01
Вуглеводи, г	20,57±0,05	25,41±0,03	27,31±0,03	23,41±0,04
Клітковина, г	0,03±0,02	0,64±0,01	0,92±0,02	0,36±0,02
Зола, г	0,74±0,01	1,85±0,02	1,83±0,01	1,38±0,01
Кальцій (Ca), мг	73,61±0,06	87,47±0,05	88,14±0,04	83,22±0,05
Фосфор (P), мг	35,57±0,04	43,25±0,03	42,58±0,02	44,47±0,04
Магній (Mg), мг	11,04±0,03	17,36±0,02	18,03±0,03	17,58±0,02
Ферум (Fe), мг	1,32±0,02	2,25±0,02	1,97±0,01	2,14±0,02
Тіамін (B1), мг	0,05±0,01	0,36±0,01	1,25±0,02	0,33±0,01
Пантотенова кислота (B3), мг	0,03±0,01	0,45±0,02	1,41±0,01	0,37±0,01
Ніацин (PP), мг	0,24±0,02	1,25±0,02	1,03±0,02	1,17±0,02
Каротин, мг	1,54±0,03	6,26±0,02	6,52±0,03	6,84±0,04

Аналіз даних у таблиці 4.9 свідчить, що розроблена на основі білково-вуглеводного напівфабрикату десертна продукція в основному перевершує контрольні страви за вмістом білків, мінеральних речовин та вітамінів при низькому вмісті жиру. Тому можливо зробити висновок, що використання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки для приготування десертної продукції не тільки скорочує тривалість технологічного процесу їх приготування, але покращує їх харчову цінність порівняно з контролем.

Відомо, що харчова цінність страв і кулінарних виробів визначається на основі їх хімічного складу, при цьому вміст основних харчових нутрієнтів в продуктах повинен відповідати формулі збалансованого харчування. В табл. 4.10 наведені дані про відповідність хімічного складу розроблених страв вимогам формули збалансованого харчування.

Таблиця 4.10 – Відповідність розробленої десертної продукції на основі білково-вуглеводного напівфабрикату вимогам формули збалансованого харчування

Найменування показника	Самбуки на основі білково-вуглеводного напівфабрикату			
	Добова потреба в харчових речовинах	“Сонячний”	“Сливка”	“Ванілька”
Білок, г	85	7,55 ±0,04	8,50 ±0,03	7,02 ±0,03
Жир, г	102	0,38 ±0,01	0,42 ±0,01	0,81 ±0,01
Вуглеводи, г	382	32,56 ±0,07	51,14 ±0,06	31,35 ±0,05
Кальцій (Ca), мг	800	76,83 ±0,08	74,72 ±0,04	66,81 ±0,12
Фосфор (P), мг	1200	43,47 ±0,06	42,68 ±0,04	33,27 ±0,11
Магній (Mg), мг	400	23,63 ±0,05	25,62 ±0,03	13,23 ±0,07
Ферум (Fe), мг	14	2,18 ±0,02	2,26 ±0,02	1,83 ±0,04
Тіамін (B1), мг	1,7	1,13 ±0,01	1,46 ±0,01	0,32 ±0,01
Ніацин (PP), мг	19	1,93 ±0,02	1,85 ±0,01	0,87 ±0,02
Суфле на основі білково-вуглеводного напівфабрикату				
	Добова потреба в харчових речовинах	“Шоколейт”	“Журавлина”	“Мигдальне”
Білок, г	85	9,72±0,01	9,84±0,02	9,14±0,02
Жир, г	102	0,91±0,01	0,56±0,01	1,14±0,01
Вуглеводи, г	382	48,31±0,03	48,17±0,04	47,85±0,03
Кальцій (Ca), мг	800	134,11±0,05	154,15±0,06	103,58±0,05
Фосфор (P), мг	1200	68,26±0,03	72,34±0,04	59,47±0,03
Магній (Mg), мг	400	23,86±0,02	23,56±0,02	24,76±0,02
Ферум (Fe), мг	14	3,15±0,01	3,62±0,01	3,34±0,01
Тіамін (B1), мг	1,7	0,72±0,02	0,74±0,01	0,83±0,01
Ніацин (PP), мг	19	2,84±0,01	2,68±0,02	2,05±0,02
Креми на основі білково-вуглеводного напівфабрикату				
	Добова потреба в харчових речовинах	“Мокачино”	“Ягідка”	“Фундук”
Білок, г	85	6,93±0,02	7,25±0,02	7,03±0,03
Жир, г	102	0,75±0,01	0,29±0,01	1,15±0,01
Вуглеводи, г	382	25,41±0,03	27,31±0,03	23,41±0,04
Кальцій (Ca), мг	800	87,47±0,05	88,14±0,04	83,22±0,05
Фосфор (P), мг	1200	43,25±0,03	42,58±0,02	44,47±0,04
Магній (Mg), мг	400	17,36±0,02	18,03±0,03	17,58±0,02
Ферум (Fe), мг	14	2,25±0,02	1,97±0,01	2,14±0,02
Тіамін (B1), мг	1,7	0,36±0,01	1,25±0,02	0,33±0,01
Ніацин (PP), мг	19	1,25±0,02	1,03±0,02	1,17±0,02

Аналіз даних табл. 4.10 свідчить, що ступінь задоволення розробленими стравами формули збалансованого харчування за більшістю показників достатньо великий і знаходиться в межах 6,93...9,84% по білках, 0,29...1,15% по жирах, 23,41...48,31% по вуглеводах, 13,23...154,15% по мінеральних речовинах та 0,36...2,84% по вітамінах.

Як і передбачалося, спостерігається особливо великий ступінь задоволення розробленою продукцією потреб організму в білках. Це характеризує розроблені страви як джерело повноцінного білка, мінеральних речовин та вітамінів, що особливо актуально з погляду існуючої проблеми дефіциту біологічно активних речовин в харчуванні.

Таким чином, проведені дослідження підтверджують доцільність використання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки для виробництва десертної продукції у закладах ресторанного господарства.

4.2.4 Дослідження структурно-механічних властивостей десертної продукції з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки

Реологічні показники для розробленого асортименту десертної продукції з використанням білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки є однією з важливих технологічних характеристик, тому були вивчені структурно – механічні характеристики для самбуків. Реологічні показники залежать від біологічного і хімічного складу початкових продуктів і структури отриманого продукту, та дають в комплексі з хімічними, органолептичними та іншими показниками найповніше уявлення про його якість. Зміна складу і структури продукту надає значний вплив на кількісні значення реологічних характеристик, які показують якісний стан структури продукту і з високою точністю і ступенем

автоматизації можуть бути зміряні на використовуваному нами при експерименті ротаційному виськозиметрі Rheotest RN4.1.

Об'єктом дослідження були 4 зразки самбуків: контрольний зразок, виготовлений без додавання напівфабрикату, та зразки самбуків «Сонячний», «Сливка» і «Ванілька», виготовлених на основі білково-вуглеводного напівфабрикату.

Експериментальні дослідження проводилися з метою отримання достовірних кривих течії, що відображають властивості чотирьох зразків самбуків при зсуві, набуття кількісних значень реологічних характеристик; вивчення кінетики зміни в'язкості і напруги зсуву зразків; визначення оптимальних параметрів технологічних процесів; встановлення зв'язку між характером течії продукту і ступенем руйнування структури при прикладеному навантаженні [163].

Самбук характеризується складним хімічним складом і є пружно-в'язко-пластичним матеріалом, що володіє певними структурно-механічними властивостями. Самбук є дисперсна система, в якій бульбашки повітря, зв'язані плівками, утворюють суцільну структуру, що володіє пружністю, в'язкістю і стійкістю. Складність процесу піноутворення і вплив на нього великої кількості чинників не дозволяє при оцінці якості пінних систем враховувати всі параметри, зумовлюючих властивості продукту. Основні показники пінних мас: об'ємна частка повітряної фази, середні розміри бульбашок повітря і ступінь їх розподілу, величина і властивості поверхні розділу фаз. Існує достатньо висока кореляційна залежність між структурними параметрами пінних мас (об'ємною часткою повітряної фази, середнім діаметром бульбашок, коефіцієнтом варіації їх розмірів) і реологічними характеристиками.

В процесі збивання відбувається як руйнування, так і відновлення структури, підсумковою характеристикою, що описує рівноважний стан між цими процесами в узвичаєному потоці при певному градієнті швидкості, є ефективна в'язкість. В'язкість системи обумовлена кількістю повітряних

бульбашок, площею розділу фаз, властивостями дисперсійного середовища і т.д. При зменшенні середніх розмірів бульбашок повітря і збільшенні їх кількості зростає в'язкість системи. У зв'язку з тим, що якість самбуків залежить від здатності зберігати тривалий час надану форму, тому величина граничної напруги зрушення, визначальна формоутримальною здатністю пінних мас є важливою характеристикою. Ця характеристика найбільш чутлива до зміни технологічних чинників, тому дає можливість достовірно оцінювати якість отримуваних самбуків. Реологічні характеристики зразків істотно залежать від складу, температури, вологості, тривалості збивання.

Температура продукту протягом експерименту зберігалася постійною, дорівнювала 5°C. Попередні дослідження показали, що при швидкостях зрушення більш, ніж 100 с⁻¹ відбувається повне руйнування структури, виходячи з чого був вибраний діапазон швидкостей зрушення при вимірюваннях. На рис. 4.19 зображена криві текучості чотирьох досліджуваних зразків самбуків.

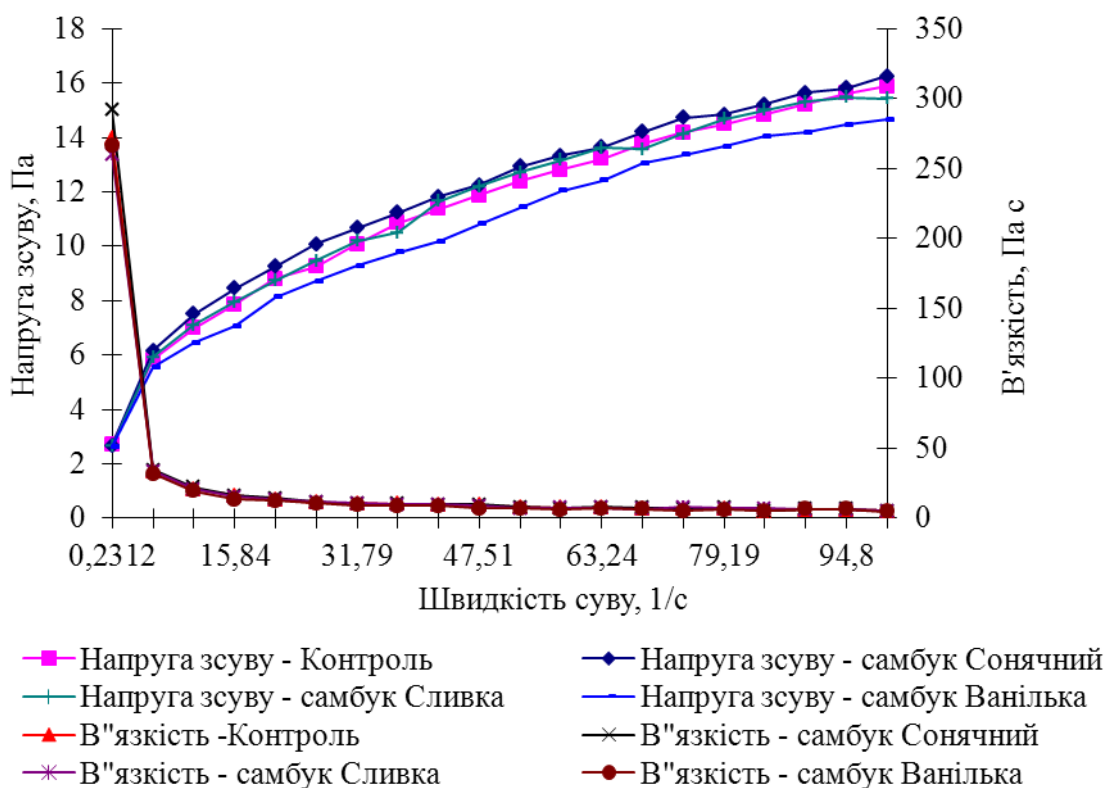


Рисунок 4.19 – Криві течі зразків системи самбуків на основі білково-вуглеводного напівфабрикату

Криві в'язкості і напруги зрушення, отриманні за експериментальними даними мають однаковий вигляд для всіх зразків, рецептурний склад надає незначний вплив на кількісні значення реологічних характеристик, тобто додавання напівфабрикату не надає істотного впливу на структуру виробів.

Результати вимірювання в'язкості всіх зразків показали, що досліджені системи володіють стійкою структурою, руйнування якої починається тільки після досягнення певної напруги. Із збільшенням швидкості зрушення в'язкість систем зменшується, а після повного руйнування структури в'язкість стабілізується. Особливо швидко значення в'язкості зменшуються в діапазоні порівняно малих швидкостей зрушення – приблизно до 5 c^{-1} . На цій ділянці в'язкість зменшилася приблизно на 85% для всіх зразків. Швидкість зміни значень напруги зрушення на цій ділянці найбільша.

При подальшому збільшенні швидкості зрушення в діапазоні від 10 c^{-1} до 75 c^{-1} в'язкість змінюється незначно, зростання значень напруги зрушення при цьому сповільнюється. Досягнув швидкостей зрушення понад 75 c^{-1} відбувається стабілізація в'язкості, і при швидкості 100 c^{-1} набуваємо значення граничної напруги зрушення зразків. Нелінійність отриманих залежностей свідчить про те, що зразки самбуків проявляють неньютоновську течію, оскільки в'язкість є функція швидкості зрушення. При малих швидкостях і нарузі зрушення структура зразків частково відновлюється. Подальша незначна зміна в'язкості свідчить про підвищення ступеня руйнування структури.

При нарузі нижче граничної напруги зрушення, що характеризує міцність структури, спостерігається повільна течія, при якій структура руйнується, але знов відновлюється, тобто спостерігається дуже малий рівноважний ступінь руйнування структури.

Для всіх досліджених зразків криві залежності напруги зрушення від швидкості зрушення з високим коефіцієнтом кореляції σ апроксимуються функцією загального закону Кассона, для якої найбільше відхилення розрахункових і експериментальних даних не перевищує 5 %:

$$\tau^{\frac{1}{n}} = \tau_0^{\frac{1}{n}} + (\eta \cdot D)^{\frac{1}{n}} \quad (4.1)$$

де, τ_0 , Па - межа текучості зразка;

η , Па·с – в'язкість;

D , 1/с – швидкість зрушення;

n - ступінь кривизни кривої течії.

У табл. 4.11 приведені значення параметрів функції загального закону Кассона, для всіх зразків.

Таблиця 4.11 – Параметри функції загального закону Кассона

Закон течії у загальному вигляді	Тип зразку	Закони течії	Коефіцієнт детермінації
$\tau^{\frac{1}{n}} = \tau_0^{\frac{1}{n}} + (\eta \cdot D)^{\frac{1}{n}}$	Контрольний зразок	$\tau = 1,78 + 0,003 D^{\frac{1}{9,56}}$	$R^2 = 0,99951$
	Вміст напів-фабрикату 60%	$\tau = 2,4 + 0,0011 D^{\frac{1}{10}}$	$R^2 = 0,99907$ 9
	Вміст напів-фабрикату 65%	$\tau = 1,66 + 0,0017 D^{\frac{1}{10}}$	$R^2 = 0,99581$ 7
	Вміст напів-фабрикату 70%	$\tau = 8,09 + 0,054 D^{\frac{1}{6,33}}$	$R^2 = 0,99661$ 6

Експериментальні дослідження дали змогу зробити висновки, що процентній зміст білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки не оказує значного впливу на кількісні значення реологічних показників.

Результати досліджень показали, що створення самбуків на основі білково-вуглеводного напівфабрикату дозволяє не тільки розширити асортимент десертної продукції у закладах ресторанного господарства, скоротити час і трудомісткість технологічного процесу, але і отримати якісну готову продукцію.

ВИСНОВКИ

1. На підставі проведеного аналізу та систематизації науково-технічної і патентної інформації встановлено, що важливим резервом для виробництва готової продукції є БВМС. Перспективність використання БВМС молочної сировини для харчових цілей зумовлена її високою біологічною цінністю, сприятливими функціонально-технологічними властивостями, значними ресурсами і відносною дешевизною. Встановлено, що в останні роки широкого розповсюдження набуває розроблення технологій збитої продукції на молочній основі з додаванням рослинної сировини, які засновані на застосуванні структуроутворювальних харчових добавок. Доведено, що сумісне використання модифікованої нежирної молочної та рослинної сировини, як джерела функціонально-технологічних компонентів, дозволить отримати збиту десертну продукцію без застосування харчових добавок.

2. Досліджено кількісний та якісний склад пектинових речовин ягід кизилу і терну та ягідних пюре, визначена їх роль в процесі піноутворення та закономірності впливу гідротермічної обробки на функціонально-технологічний стан пектинових речовин пюре. Встановлено, що для отримання ягідних пюре з максимальним вмістом розчинного пектину необхідним є тристадійний процес термообробки: гідротермічна обробка ягід кизилу при температурі 85...87°C впродовж 60...80 с та ягід терну при температурі 90...92°C впродовж 165...180 с, і наступне протирання ягід при температурі 80±2°C з отриманням пюре (I стадія), термообробка пюре в присутності води при температурі 80±2°C впродовж (10...12)·60 с (II стадія), термообробка в присутності сироватки при температурі 80±2°C впродовж (30...35)·60 с (III стадія), що забезпечує зростання частки розчинного пектину в 2,5...3,0 рази.

3. Обґрунтовано та визначено технологічні параметри осадження білкових речовин знежиреного молока за рахунок власних кислот ягідних пюре: температура пастеризації знежиреного молока – 91...93°C впродовж 10·60 с, наступне охолодження знежиреного молока до 80...82°C, внесення

2,5% пюре кизилу або 3,0% пюре терну з температурою 80...82°C, коагуляція при температурі $92\pm 1^\circ\text{C}$ впродовж (10...15)·60 с, охолодження до температури 12...14°C, відфільтровування згустку та самопресування впродовж (20...30)·60с.

4. Встановлено, що для реалізації піноутворювальних властивостей білково-вуглеводних згустків та максимального переведу білкових речовин у розчинний стан необхідна їх термічна обробка з додаванням $0,90\pm 0,01\%$ суміші фосфатів «Біофос 90» при температурі $80\pm 2^\circ\text{C}$ впродовж (10...12)·60 с.

5. На основі проведених аналітичних та експериментальних досліджень розроблено технологію напівфабрикатів, оптимізовано співвідношення складових білково-вуглеводного напівфабрикату кизилувий (вміст пюре кизилу – 16,5%, вміст цукру 7,5...8,0%) та терновий (вміст пюре терну – 15,1%, вміст цукру 7,8...8,0%).

6. Досліджено залежності ПЗ та СП композицій яєчного білка з модельними системи: кропива-спориш, кропива-конюшина, кропива-люцерна (при співвідношенні компонентів 1,5:0,5). Встановлено, що введення рослинної системи у кількості 5...10% до композиції з яєчним білком підвищує СП на 2...4% та спостерігається зростання її ПЗ на 20...30%. Визначено технологічні умови розчинення гуарової камеді у системі з молочною сироваткою: температура рідини 60...65°C, тривалість розчинення 3·60с, масова частка гуарової камеді для досягнення раціональної в'язкості 3,0...3,6 Па·с повинна складати 0,8...1,0%. Встановлено, що модельні системи рослинної сировини проявляють максимальні піноутворювальні властивості у діапазоні рН= 5,0, при температурі - до 35°C, масової частки цукру – 25%.

7. Розроблено технологічну схему виробництва кизилового, тернового та кизилово-тернового білково-вуглеводних напівфабрикатів для збитої десертної продукції. Отримано комплекс даних, що характеризує якість напівфабрикатів, доведено їх високу харчову та біологічну цінність. Встановлено, що білок напівфабрикатів повноцінний, частка незамінних

амінокислот складає 43,25...45,59%. Визначено комплексні показники якості напівфабрикатів, які складають 0,7475...0,8016 одиниці, що дає змогу позиціонувати продукцію в інтервалі «доброї» та «дуже доброї» якості. Обґрунтовано терміни зберігання розроблених напівфабрикатів: температура 2...4°C, тривалість – не більше 72 годин.

8. Розроблено технологічну схему виробництва білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки. Визначені параметри плівкового сушіння композиційної суміші БВНМС, які складають: температура сушіння 60°C протягом (90·60)с до вмісту вологості 4%. Отримано комплекс даних, що характеризує якість розроблених напівфабрикатів, доведено їх високу харчову та біологічну цінність. Розроблені напівфабрикати характеризуються високим вмістом білкових речовин (19,83...20,62%), низьким вмістом жиру (0,24...0,28%). Білок БВНМС є збалансованим за амінокислотним складом: частка незамінних амінокислот складає 46,10...48,28%, не містить лімітуючих амінокислот, має гарну збалансованість за «триптофановим» та «треоніновим» індексами. Обґрунтовано терміни зберігання розроблених напівфабрикатів – 12 місяців при температурі 18...20°C та вологістю не вище 75%. Визначено комплексні показники якості напівфабрикатів, які складають 0,937...0,948 одиниці, що дає змогу позиціонувати продукцію в інтервалі «дуже доброї» якості.

9. Обґрунтовані оптимальні технологічні параметри умов відновлення білково-вуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки: температура відновлення 60±2°C протягом (15...20)·60с, гідромодуль (співвідношення напівфабрикат : рідина) 1:2,0; 1:2,5 (для молока); 1:1,5; 1:2,0 (для соків) і 1:1,0; 1:1,5 (для сироватки). Визначено напрямки використання розроблених напівфабрикатів у виробництві десертної продукції закладів ресторанного господарства, розроблено окремі технології десертних страв на основі та з використанням напівфабрикатів. Визначено ступінь задоволення розробленими стравами формули збалансованого харчування.

10. Розроблено нормативну документацію на білково-вуглеводні напівфабрикати (ТУ У 15.5–01566057–401:2017 «Білково-вуглеводний напівфабрикат для збитих десертних страв» та ТІ до ТУ У 15.5–01566057–401:2017). Проведено комплекс заходів із впровадження результатів дослідження в практику. Розроблені білково-вуглеводні напівфабрикати та збиту десертну продукцію на їх основі впроваджено у закладах ресторанного господарства м. Київ (ТОВ «Клуб Гурме», ТОВ «Фрешес»).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Храмцов А. Г., Васи́ли́син С. В. Промышленная переработка вторичного молочного сырья. Москва: ДеЛипринт, 2003. 100 с.
2. Технология продуктов из вторичного молочного сырья / А. Г. Храмцов та ін. СПб.: ГИОРД, 2011. 424 с.
3. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. Москва: Колос, 2003. 400 с.
4. Горбатова К. К. Биохимия молока и молочных продуктов: 3-е изд, перераб и доп. СПб.: ГИОРД, 2003. 320 с.
5. Храмцов А. Г. Молочная сыворотка: 2-е изд, перераб и доп. Москва: Агропромиздат. 1990. 240 с.
6. Шакалова Е. В. Разработка технологии печенья на основе мучных композитных смесей : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.01. Воронеж, 2004. 22 с.
7. Применение экстрактов растительного сырья в качестве биологически активных добавок / Л. А. Маюрникова та ін. *Пищевые ингредиенты, сырье и добавки*. 1999. №2. С. 50.
8. Зобкова З. С., Гаврилина А. Д. Витаминизированные молочные продукты. *Молочная промышленность*. 2002. № 6. С. 35–38.
9. Зобкова З. С. Молочные продукты с витаминами. *Молочная промышленность*. 2004. № 5. С. 28–30.
10. Храмцов А. Г. Экспертиза вторичного молочного сырья и получаемых из него продуктов. СПб.: ГИОРД, 2003. 120 с.
11. Промышленная переработка нежирного молочного сырья / Храмцов А. Г. и др. Воронеж : Изд-во Воронежского университета, 1992. 192 с.
12. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки / Храмцов А. Г. и др.; под ред. А. Г. Храмцова, П. Г. Нестеренко. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 296 с.

13. Козлов В. Н., Затирка А. Ф. *Технология молочных-белковых продуктов*. К.: Урожай, 1988. 167 с.
14. Просеков А. Ю., Козлов С. Г., Муругова И. И. Гелеобразные напитки на основе гидролизованной сыворотки. *Пиво и напитки*. 2004. № 4. С. 76–78.
15. Остроумов Л. А., Просеков А. Ю., Жданов В. А. Влияние лактозы, активной и титруемой кислотности на пенообразующие свойства молока. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 2. С. 47–48.
16. Гаврилов Г. Б., Остроумов Л. А. Основные параметры сывороточных концентратов в процессе ультрафильтрации и деминерализации. *Молочное дело*. 2007. № 5. С. 34–35.
17. Кузнецов В. В., Шиллер Т. Т. *Использование сухих молочных компонентов в пищевой промышленности: справочник*. СПб. : ГИОРД, 2006. 283 с.
18. Сироватка – джерело здоров'я та інноваційної енергії. *Молокопереробка*. 2007. №6 (21). С.6–8.
19. Глаголева Л. А., Полянский К. К., Потакова Л. А., Агулов В. В. Оптимизация рецептур продуктов с природными энтеросорбентами. *Молочная промышленность*. 2004. № 3. С. 30.
20. Тёпел А. *Химия и физика молока* / пер. с нем. С. А. Фильчаковой. СПб. : Профессия, 2012. 832 с.
21. Просеков А. Ю. Теоретическое обоснование и технологические принципы формирования молочных пенообразных дисперсных систем : дисс. ... доктора техн. наук : 05.18.04 / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2004. 342 с.
22. Сенкевич Т., Ридель К.-Л. *Молочная сыворотка: переработка и использование в агропромышленном комплексе*. М. : Агропромиздат, 1989. 270 с.

23. Новиков Р. С. Влияние активной и титруемой кислотности на пенообразующие свойства молока. *Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов*. 2002. № 4. С. 41–42.
24. Уманский М. С., Просеков А. Ю. Влияние липокомплекса молочных систем на пенообразующие свойства. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2003. № 8. С. 77–82.
25. Матвеева Т. М., Корячкина С. Я. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных и кондитерских изделий : монография. Орел. : ФГБОУ ВПО Госуниверситет–УНПК, 2012. 947 с.
26. Спосіб виробництва пектиновмісного овочевого пюре : пат. 73050 Україна : МПК А 23L 1/06 (2006.01). № u 2012 02160; заявл. 24.02.12 ; опубл. 10.09.12 опубл. 10.09.12, Бюл. № 17.
27. Василенко З. В., Масанский С. Л., Болотько А. Ю. Изучение влияния основных технологических факторов на свойства многофункционального полуфабриката из мезги моркови. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2004. № 11. С. 50–52.
28. Литвинова Е. В., Лисицын А. Б., Магомедов Г.О. Функциональные свойства фруктово-овощных порошкообразных полуфабрикатов. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2002. № 6. С. 44–46.
29. Дейниченко Г. В., Золотухіна І. В. Використання ультрафільтраційного концентрату сколотин в техно-логії сумішей для м'якого морозива. *Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка : зб. наук. пр. X. : ХНТУСГ, 2004. Вип. 28. Т. 2. С. 85–90.*
30. Кацерикова Н. В., Дроздова Т. М., Поздняковский В. М. Минеральные и органические компоненты порошка из корня ревеня и концентрата «Флора» на его основе. *Пищевые ингредиенты: сырье и добавки*. 2000. № 2. С.70–71.
31. Касьянов Г. И., Кизим И. Е., Холодцов М. А. Применение пряно-ароматических и лекарственных растений в пищевой промышленности. *Пищевая промышленность*. 2000. № 5. С.33–35.

32. Лихацкая С. В. Разработка технологии сывороточных напитков и желе с использованием продуктов переработки свеклы : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2003. 123 с.
33. Козлов С. Г., Просеков А. Ю. Использование молока и растительного сырья в технологии продуктов специального назначения. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2003. №3. С.61–63.
34. Сергеев В. Н., Кокаев Ю. И. Биологически активное растительное сырье в пищевой промышленности. *Пищевая промышленность*. 2001. № 6. С. 28–30.
35. Гаврилова Н. Б., Коновалова С. А. Фитокисломолочный напиток для геродиетического питания. *Молочная промышленность*. 2002. № 6. С. 38.
36. Шалыгина А. М., Енальева Л. В. Полисолодовые экстракты и листовой протеин для комбинированных напитков. *Молочная промышленность*. 2001. № 5. С. 46–47.
37. Зобкова З. С., Щербакова С. А. Новые экстрагенты для экстракции пищевых компонентов из нетрадиционных источников пищевого сырья. *Пищевая промышленность*. 2001. № 11. С.9–11.
38. Иванец В. Н., Романенко Ю. В., Чертилин Н. Г., Шахрай С. В. Переработка растительного сырья, используемого для приготовления чая и лечебных настоев. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2002. № 12. С.25–26.
39. Шатнюк Л. Н., Климантова Е. В. Витаминные смеси и каротиноиды для обогащения и окрашивания пищевых продуктов. *Пищевые ингредиенты: сырье и добавки*. 2001. № 2. С.54–56.
40. Иванец В. Н., Романенко Ю. В., Чертилин Н. Г., Шахрай С. В. Переработка растительного сырья, используемого для приготовления чая и лечебных настоев. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2002. № 12. С.25–26.

41. Шатнюк Л. Н., Климантова Е. В. Витаминные смеси и каротиноиды для обогащения и окрашивания пищевых продуктов. *Пищевые ингредиенты: сырье и добавки*. 2001. № 2. С. 54–56.
42. Фалькович Б. А., Магомедов Г. О. Полуфабрикаты лекарственных трав для кондитерской промышленности. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 3. С. 30–33.
43. Использование экстрактов пряно-ароматических и лекарственных растений в технологии хлебопечения / Т. Е. Лебеденко и др. *Наукові праці ОНАХТ*. Вип. 38, т.1. С. 248–253.
44. Ермош Л. Г. Технологические основы производства сливочных и белковых кремов с использованием растительных добавок : автореф. на. соискание уч. степени канд. техн. наук : 05.18.04. Кемерово, 1996. 24 с.
45. Комарова Н. А. Исследование и разработка технологии мороженого с использованием продуктов переработки дикорастущих и культивируемых ягод Сибири : автореф. на. соискание ученой степени канд. техн. наук : 05.18.04. Кемерово, 2002. 19 с.
46. Новицкая Е. А. Использование пенообразующих свойств ржаной обдирной муки в технологи бисквитного полуфабриката : дисс. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / ГОУ ВПО Санкт-Петербургский торгово-экономический институт. СПб, 2006. 156 с.
47. Шевченко Р. І. Розробка технології хлібобулочних виробів з використанням рослинних білків : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.01. Одеса, 2003. 17 с.
48. Иванов П. П. Разработка технологии и аппаратурного оформления производства концентрированных плодово-ягодных экстрактов для молочной промышленности : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : 05.18.04, 05.18.12. Кемерово, 2002. 17 с.
49. Красикова Е. В. Разработка технологии натурального пищевого красителя из аронии черноплодной с использованием искусственного

- холода : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : 05.18.04. СПб., 2003. 16 с.
50. Способ получения сока и пюре из овощей : пат. 1747005 СССР : МПК 5 А 23 L 1/212. № 4852861/13; заявл. 24.07.90; опубл. 15.07.92, Бюл. №26.
51. Спосіб виробництва ягідного мусу : пат. 53133 Україна : МПК 7А 23 L1/06. № 2002032201; заявл. 19.03.02 ; опубл. 15.01.03, Бюл. №1.
52. Каня И. П. Исследование и разработка технологии композиционного творожного продукта : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : 05.18.04. Кемерово, 2003. 17 с.
53. Бухтоярова З. Т., Дёмина Е. В., Осадчук Т. В. Использование плодовых и овощных пюре при приготовлении сладких блюд. *Известия вузов. Пищевая технология*. 1996. № 1–2. С. 38–40.
54. Пронина Г. М., Васильева Т. И., Бибилашвили М. А. Технология сладких блюд из плодовых паст и пюре. *Проблемы индустриализации общественного питания страны* : тезисы докладов 2-й Всесоюзной науч. конф. X., 1989. С. 142–143.
55. Гореньков Э. С. Новые напитки профилактического назначения. *Пищевая промышленность*. 1996. № 1. С. 30–31.
56. Сейтпаева С. К., Супонина Т. А., Ноткина А. А. Производство напитков с использованием нетрадиционного сырья. *Разработка процессов получения комбинированных продуктов питания. Медико-биологические аспекты, технология, аппаратурное оформление, оптимизация* : тезисы докл. 3-й Всесоюзной науч.-технич. конф. М., 1988. С. 431.
57. Кулиев Н. Ш. Влияние фруктово-овощного пюре на структуру мягкого мороженого. *Седьмые Плехановские чтения. Развитие экономических реформ в России* : тезисы докл. профессорско-препод. состава и науч. работников. М., 1994. Ч. 3. С. 105.
58. Кулиев Н. Ш. Технология мягкого мороженого с фруктово-овощными стабилизаторами : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : 05.18.04. М., 1995. 24 с.

59. Бондарчук Л. М. Розробка технології напоїв на основі молочної сироватки та знежиреного молока з пектином : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : 05.18.04. К., 1996. 21 с.
60. Новое поколение пищевых продуктов с биологически активными добавками / А. А. Кудряшева и др. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 1995. № 5. С. 35–36.
61. Бухтоярова З. Т., Дёмина Е. В., Осадчук Т. В. Использование плодовых и овощных пюре при приготовлении сладких блюд. *Известия вузов. Пищевая технология*. 1996. № 1–2. С. 38–40.
62. Джаруллаев Д. С., Аминов М. С., Гаммауаев К. Р. Новый десертный продукт. *Пищевая промышленность*. 1994. № 12. С. 25.
63. Способ приготовления жележных кондитерских изделий : пат. 1752321 СССР : МПК 5 А 23 L 1/06. № 4695151/13; заявл. 24.05.89; опубл. 07.08.92, Бюл. № 29.
64. Горетова О. В., Анкудинова М. В., Рязанова О. А. Использование растительного сырья Западной Сибири при производстве сладких блюд из клюквы. *Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания* : тезисы докладов Всесоюз. науч. конф. Х., 1990. 325 с.
65. Абрамова Ж. И., Крепс В. Э. Влияние стабилизирующих веществ на качество пен из соевой основы. *Проблемы индустриализации общественного питания страны* : 2-я Всесоюзная науч. конф. : тезисы докладов. Х., 1989. С. 92.
66. Артемова Е. Н. Научные основы пенообразования и эмульгирования в технологии пищевых продуктов с растительными добавками : дисс. ... докт. техн. наук : 05.18.16 / Российская экономическая академия им. Плеханова. СПб., 1999. 372 с.
67. Спосіб отримання сухих сумішей для молочних коктейлів та морозива : пат. 22593 Україна : МПК 6 А 23 G 9/00. № 94076136; заявл. 08.07.94; опубл. 30.06.98, Бюл. № 3.

68. Маюрникова Л. А., Николка А. И. Использование экстрактов целебных трав в качестве наполнителей к кисломолочным напиткам. *Технологии и процессы пищевых производств*: сб. науч. раб. Кемерово, 1999. С. 173.
69. Jakobek L., Seruga M., Medvidovic-Kosanovic M., Novak I. Antioxidant Activity and Polyphenols of Aronia in Comparison to other Berry Species. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2007. Vol. 72, №. 4. P. 301–306.
70. Способ производства продукта питания на основе молока : пат. 2139664 Россия : МПК 6 А 23 С 23/00. № 98117530/13; заявл. 23.09.98; опубл. 20.10.99, Бюл. № 29.
71. Клименко С. В. Кизил на Украине. К.: Наукова думка, 1990. 176 с.
72. Круглякова Г. В. Заготовка, хранение и переработка дикорастущих ягод и грибов. М.: Экономика, 1990. 159 с.
73. Грисюк Н. М., Елин Е. Я. Дикорастущие пищевые, технические и медоносные растения Украины. К.: Урожай, 1993. 207 с.
74. Николка А. И. Формирование и исследование свойств кисломолочных напитков с использованием дикорастущих целебных трав : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : 05.18.04. Кемерово, 2002. 18с.
75. Волкова Т. А., Кравченко Э. Ф. Новые напитки на основе молочной сыворотки. *Сыроделие*. 2000. № 3. С. 41.
76. Генералова Н. А., Лихацкая С. В. Напиток «Биогран» из молочной сыворотки. *Молочная промышленность*. 2003. № 2. С. 39-40.
77. Шубін О. О., Коршунова Г. Ф., Дуленко Л. В., Гніцевич В. А. Використання дикорослих Донецького регіону у харчуванні : монографія. Донецьк : ДонДУЕТ, 2004. 192 с.
78. Лечебно – оздоровительные свойства крапивы двудомной (обыкновенной). *Пища, вкус, аромат*. 2001. № 2. с. 6–12.
79. Биологически активная растительная добавка и натуральный пищевой краситель из крапив. *Пищевые ингредиенты, сырье и добавки*. 1999. № 2. С. 14.

80. Газина Т. П., Печерський В. И. Крапива – какое чудо. *Пищевая промышленность*. 1999. № 12. С. 50.
81. Парфенова Т. В., Зорина И. А. Использование крапивы для производства консервированных продуктов. *Пищевая промышленность*. 2000. № 2. С. 18-19.
82. Пастушенкова Л. В., Пастушенкова А. Л., Пастушенков В. П. Лекарственные растения: Использование в народной медицине и в быту. Л.: Лениздат, 1990. 274 с.
83. Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С. Дикорастущие полезные растения. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1987. 160 с.
84. Шатнюк Л. Н. Обогащение молочных продуктов микронутриентами. *Пищевая промышленность*. 2001. № 9. С. 49–50.
85. Сарафанов Л. А. Пищевые добавки : энциклопедия. СПб. : ГИОРД, 2003. 688 с.
86. Шур Е. А. Разработка технологии и комплексная оценка качества взбитых десертов на основе молочного и растительного сырья : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : 05.18.15. Кемерово, 2003. 18 с.
87. Дмитрук О. Ф. Вивчення поверхневого натягу водяних екстрактів кизилу, горобини і калини. *Зб. тез доп. наук. конф.* Д.: ДонГУЕТ, 2004. С. 138–139.
88. Генералов Д. С. Исследование особенностей формирования пенообразных масс на основе творожной сыворотки и обезжиренного молока : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : 05.18.04. Кемерово, 2003. 17 с.
89. Горальчук А. Б. Технологія термостабільних емульсійних соусів на основі овочевої сировини : дис... канд. техн. наук : 05.18.16 / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Х., 2008. 298 с.
90. Сіндікаєва Н. В., Рашевська Т. О., Грек О. В. Дослідження розчинів пектину в молочній сировині. *Наукові здобутки молоді – виріш. пробл.*

харч. людства у 21 ст.: прог. і мат. 70-ї наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студ. К.: НУХТ, 2004. Ч. 2. С. 129.

91. Генералов Д. С. Исследование особенностей формирования пенообразных масс на основе творожной сыворотки и обезжиренного молока : дис... канд. техн. наук : 05.18.04 / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2003. 154 с.
92. Пивоваров П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування. Частина I. Білки в технології продукції громадського харчування: навч. посібник. Х. : ХДАТОХ, 2000. 212 с.
93. Fayed H. H., Morghed S. Functional properties of casein and fibs protein mixtures. *E.J. Dairy Science*. 1990. № 1. P.75–83.
94. Романов А. А., Романова А. И. Птичье яйцо. М. : Пищепромиздат, 1959. 600 с.
95. Грачев О. С. Исследование процесса пенообразования белково-сахарных масс с целью интенсификации и улучшения качества готовых изделий : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. М: МТИПП, 1978. 32 с.
96. Влияние рН на растворимость препаратов соевых белков / Д. П. Марташов и др. *Пища. Экология. Человек* : 2-я междунар. науч.-техн. конф.: материалы конф. М. : МГУПБ, 1997. С. 51.
97. Юрченко С. Л. Разробка технологии многофункциональных полуфабрикатов для производства сладких блюд с пенной структурой : дисс. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Харьковская гос. академия технологии и организации питания. Х., 1999. 294 с.
98. Баканова О. А. Исследование и разработка технологии пенообразных молочно-растительных продуктов : дисс ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2006. 139 с.

99. Шевченко О. В. Технологія солодких страв і соусів із вітапектином та фітосорбентом : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.16. К., 2002. 20 с.
100. Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Карпенко П. О. Технологія продукції громадського харчування з використанням біологічно активних добавок : монографія. К.: КНТЕУ, 2003. 322 с.
101. Взоров А. Л., Никитков В. А., Жгун А. Н., Соколов В. К. Применение стабилизаторов и эмульгаторов в современном производстве мороженого. *Пищевая промышленность*. 1998. № 2. С. 40-43.
102. Донченко Л. В. Технология пектина и пектинопродуктов : учебное пособие. М. : ДеЛи, 2000. 253 с.
103. Фішкіна Н. А. Пектин для мармеладно-пастильних виробів. *Харчова промисловість*. 1988. № 5. С. 23.
104. Думанский А. В. Пенообразующая способность диффузионного сока. *Сахарная промышленность*. 1930. № 7. С. 47–49.
105. Тужилкин В. И., Кочеткова А. А., Колеснов А. Ю. Теория и практика применения пектинов. *Известия вузов. Пищевая технология*. 1995. № 1. С. 78–83.
106. Крачанов Х., Карагъзов В., Кунчева М. Исследование пенообразующих свойств этиловых эфиров яблочного пектина с целью их применения в производстве пищевых продуктов. *Сб. науч. тр. Высш. ин-т хранит. и вкус. пром.* Пловдив : 1982. Т. 29. № 2. С. 139–150.
107. Суха суміш для молочних коктейлів : пат. 41198 Україна : МПК 7 А 23 G 9/02, А 23 С 9/18. № 2001032072; заявл. 29.03.2001; опубл. 15.06.2004, Бюл. № 6.
108. Суха суміш для молочних коктейлів : пат. 47804 Україна : МПК 7 А 23 G 9/02. № 2001096521; заявл. 24.09.2001; опубл. 15.02.2005, Бюл. №2.
109. Светлов А. Н., Кузнецов С. В. Производство низкокалорийных пищевых продуктов с использованием карбоксиметилцеллюлозы. *Переработка молока*. 2005. № 2. С. 3–4.

110. Свідло К. В. Технологія збивної продукції з використанням натрій-карбоксиметилцелюлози : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.16. Х., 1995. 17 с.
111. Торяник А. И., Перцевой Ф. В., Гринченко О. А., Свидло К. В. Новый стабилизатор пенных систем. *Перспективы массового питания и торговли в условиях перехода к рыночной экономике* : тез. докл. Х., 1994. С. 10.
112. Перцевой Ф. В., Гринченко О. А., Свидло К. В. Использование Na-КМЦ в производстве продуктов питания. *Медико-биологические аспекты разработки продуктов питания*: сб. науч. трудов. К., 1993. С. 56.
113. Способ приготовления мусса : пат. 1774853 СССР : МПК 5 А 23 L 1/06. № 4877391/13; заявл. 12.07.90; опубл. 07.11.92, Бюл. №4.
114. Бондарчук Л. М. Розробка технології напоїв на основі молочної сироватки та знежиреного молока з пектином : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : 05.18.04. К., 1996. 21 с.
115. Stabilizer composition enabling the production of a pourable aerated dairy dessert : pat. 0649599 ЕВП : МКИ6 А 23 L 1/035, А 23 G 9/154, А 23 L 1/0526. № 94402613.9; Заявл. 25.10.93; Опубл. 26.04.95.
116. Wassel G.M., Ammar N. M., Shenawy M. A. Application of guar flaeer and guaran as stabilizing and thickening agents in ice cream production. *E.T. Food Science*. 1989. № 1-2. С.91-97.
117. Sanderson George R., Bell Virginia L., Ortega David A comparison of gellan gum, agar, K-carrageenan and algin. *Cereal Food World*. 1989. № 12. P. 991-998.
118. Шур Е. А. Разработка технологии и комплексная оценка качества взбитых десертов на основе молочного и растительного сырья : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово , 2003. 144 с.
119. Купцова С. В. Исследование и разработка технологии творожных десертов на основе бинарной композиции пищевых волокон и

- каррагинанов : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : 05.18.04. М., 2003. 19 с.
120. Молочний десерт і спосіб його виробництва : пат. 54185 Україна : МПК 7 А 23 С 23/00. № 2002064535; заявл.04.06.02; опубл. 17.02.03, Бюл. №2.
121. Суха суміш для молочних пудингів : пат. 47272 Україна : МПК 7 А 23 L 1/187, А 23 С 9/00. № 2001106774; заявл. 04.10.2001; опубл. 15.03.2005, Бюл. №3.
122. Дейниченко Г. В., Юдіна Т. І., Ветров В. М. Використання екзополісахариду ксампану в виробництві структурованих молочних десертів. *Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини* : зб. тез I міжгалуз. міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДонДУЕТ, 2005. С. 165–167.
123. Ветров В. М. Технологія збитих кисломолочних десертів на основі нежирної молочної сировини. *Наукові здобутки молоді – виріш. пробл. харч. людства у 21 ст.*: прог. і мат. 70-ї наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студ. К.: НУХТ, 2004. Ч.2. С. 129.
124. Zott Liegeois. Creamy dessert. URL: http://www.zott.de/index.php/zott_en/en/our_brands/desserts/liegeois (heading from the screen).
125. Светлов А. Н., Жендубаева Н. М. Знакомьтесь: компания «ТТК Центурон». *Переработка молока*. 2005. № 1. С. 4–5.
126. Сирний десерт : пат. 36208 Україна : МПК 6 А 23 С 23/00. № 99116249 ; заявл.17.11.99 ; опубл. 16.04.01, Бюл. №3.
127. Новое в технологии переработки плодового сырья : монография / Л. П. Малюк, А. А. Дубинина, Л. Н. Пилипенко, С. М. Шамян. Х.: ХГАТОП, 1995. 106 с.
128. Банова С. І. Удосконалення технології збивних кондитерських виробів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.01. О., 2003. 20 с.

129. Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Теоретичні основи технології громадського харчування : навч. пос. Ч. II. Вуглеводи в технологічному процесі виробництва продукції громадського харчування. Харків: ХДАТОХ, 2001. 161 с.
130. Ветров В. М. Технологія збитих кисломолочних десертів на основі нежирної молочної сировини : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / ДонНУЕТ. Д., 2007. 220 с.
131. Технология молочных продуктов / Г. Н. Крусь и др. М.: Агропромиздат, 1988. 367 с.
132. Найденова Е. Г. Технология полуфабрикатов на основе нежирного молочного сырья : дисс. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Харьковская государственная академия технологии и организации питания. Х., 1996. 375 с.
133. Юдіна Т. І. Розробка молочно-білкового концентрату зі сколотин та його використання у технологіях продуктів харчування : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Харківська держ. академія технології та організації харчування. Х., 2001. 214 с.
134. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных. М. : Наука, 1976. 278 с.
135. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
136. Porshnev S., Belenkova I. Numerical methods on base MathCad. NY. : BVV-P., 2005. 464 p.
137. Про затвердження Санітарних правил і норм по застосуванню харчових добавок : наказ МОЗ України від 23.07.96 № 222, із змінами, внесеними згідно з наказом МОЗ України від 23.07.98 № 218. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0715-96>.
138. Гурський П. В. Технологія паст закусочних на основі сиру кисломолочного знежиреного : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.16. Х., 2008. 17 с.

139. Золотухіна І. В. Технологія напівфабрикатів на основі сколотин для виробництва збитої десертної продукції : дис. канд. техн. наук : 05.18.16 / Харківський державний університет харчування та торгівлі. Х., 2006. 303 с.
140. Остроумов Л. А., Просеков А. Ю. Классификация пен в пищевой промышленности. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 1. С.53–55.
141. Остроумова Т. Л., Агарова Е. Ю., Иванцова Е. Л. Новые виды взбитых продуктов. *Молочная промышленность*. 2004. № 9. С. 41–42.
142. Просеков А. Ю. Устойчивость пенообразных масс (обзор). *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 7. С. 40–45.
143. Иванова Е. А. Полисахариды – компоненты новых продуктов. *Пищевая промышленность*. 1991. № 1. С. 86.
144. Гликсман М., Наместникова А. Ф. Применение синтетических камедей в пищевой промышленности, новое в зарубежной пищевой промышленности. М., 1968. Т. 2. 607 с.
145. Базарнова Ю. Г., Шкотова Т. В., Зюканов В. М. Гидроколлоидные смеси с заданными свойствами. *Кондитерское производство*. 2003. № 3. С. 38–40.
146. Пивоваров Є. П. Технологія драгледодібної десертної продукції з використанням систем крохмаль-функціональний полісахарид : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / ХДУХТ. Х., 2003. 157 с.
147. Тамова М. Ю. Создание композиционных натуральных структурообразователей. *Пищ. ингредиенты. Сырье и добавки*. 2002. № 2. С. 80–82.
148. Куличенко А. И. Совершенствование технологии зефира с применением растительных белков : дисс. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.01 / Московский государственный университет технологий и управления. М., 2006. 149 с.

149. Гніцевич В. А. Наукове обґрунтування технології кулінарної продукції з пінною та емульсійною структурою з використанням амаранту і топінамбуру : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.16 / КНТЕУ. К., 2010. 368 с.
150. Грачев Ю. П., Плаксин Ю. М. Математические методы планирования эксперимента. М. : ДеЛи принт, 2005. 347 с.
151. Спосіб одержання білково-рослинної основи для збитих солодких страв : пат. 20069 Україна : МПК 2006 A23C 23/00, A23C 9/152. № u200606861; заявл. 19.06.2006; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1.
152. Павлоцкая Л. Ф., Дуденко Н. В., Евлаш В. В. Пищевая, биологическая ценность и безопасность сырья и продуктов его переработки : учебник. К.: Фирма «Инкос», 2007. 287 с.
153. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2 : справочные таблицы содержания питательных веществ : 2-е изд., перераб. и доп. / под. ред. проф., д.т.н. И.С. Скурихина и проф., д.м.н. М.Н. Волгарева. М. : Агропромиздат, 1987. 360 с.
154. ДСТУ 4503:2005. Вироби сиркові. Загальні технічні умови. [Чинний від 2005–12–28]. Київ, 2006. 13 с. (Національний стандарт України).
155. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. М., 1996. 293 с.
156. МБТ и СН № 5061-89. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, утв. МОЗ СРСР от 01.08.89.
157. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1982. 720 с.
158. Топольник В. Г., Ратушный А. С. Квалиметрия в ресторанном хозяйстве : монография. Донецк, 2008. 243 с.
159. Интенсификация процесса растворения сухого молока: Обзорная информация / Н. Н. Липатов и др. М. : ЦНИИТЭИмясомолпром, 1984. 52 с.

160. Рогов И. А., Антипова Л. В., Дунченко Н. И. Химия пищи. М. : КолосС, 2007. 853 с.
161. Скурихин И. М., Волгарев М. Н. Химический состав пищевых продуктов : справочник. М. : Агропромиздат, 1987. 360 с.
162. Скурихин И. М., Волгарев М. Н. Химический состав пищевых продуктов: справочные таблицы : 2-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1987. 360 с.
163. Визначення реологічних показників какао тертого у процесі переробки в томильній камері / І. Б. Левіт, В. А. Хомічук, О. О. Декань, Л. О. Івченко. *Обладнання та технології харчових виробництв*: Темат. зб. наук. пр. Донецьк : ДонДУЕТ, 2006. Вип. 14. С. 232–237.

Наукове видання

*Никифоров Радіон Петрович,
Сімакова Ольга Олександрівна,
Слащева Аліна Вячеславівна,
Назаренко Ірина Анатоліївна,
Горайнова Юлія Артурівна,
Попова Світлана Юріївна,*

Українська мова

Монографія

Формат 60x84/8. Ум. друк. арк. 16,36.

Донецький національний університет
економіки і торгівлі імені
Михайла Туган-Барановського,
вул. Курчатова, 13, м. Кривий Ріг, 50042
ДК № 4929 від 07. 07. 2015 р.