

Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, С.Д., Мельничук, Д.Ю. Прасол, Б.
Гарнцарек, Д.О. Бідюк, М.Ф.Перцевий, М.В. Обозна

***ТЕХНОЛОГІЯ ПАСТ ЗАКУСОЧНИХ
НА ОСНОВІ СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО НЕЖИРНОГО***

Монографія

Київ-Харків-Вроцлав
2012

УДК 66.022:637.045

ББК 36.95

П-26

Рекомендовано до видання вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол №4 від 28.11.12 р.)

Рецензенти:

М. Ф. Кравченко, доктор технічних наук, професор кафедри технології та організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету, Україна;

Ю.Г. Сухенко, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ;

Дж.Дж.Пиеткевич, доктор технічних наук, професор Університету економіки, Департамент харчових біотехнологій, Вроцлав, Польща.

Колектив авторів:

Перцевий Ф.В. – вступ і головна редакція розділів; Гурський П.В. – підрозділи 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1; Мельничук С.Д. – підрозділи 2.5,2.6; Прасол Д.Ю. – підрозділи 2.3, 2.4,3.2; Гарнцарек Б – підрозділ 3.3; Бідюк Д.О. – підрозділи 3.4, 3.5; Перцевий М.Ф. – підрозділи 1.3, 1.4; Обозна М.В.– підрозділи 1.5, 1.6.

Технологія паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного: монографія / П. В. Гурський, Ф. В. Перцевий, С.Д.Мельничук, Д.Ю.Прасол [та ін.]– К : Вид-во «Аграр Медіа Груп», 2012. – 168 с.

Монографія містить концентровану та систематизовану наукову інформацію щодо використання сиру кисломолочного нежирного для виготовлення паст закусочних в закладах ресторанного господарства, представлена текстовою формою, технологічними розрахунками, рисунками, схемами, таблицями та призначена для викладачів, аспірантів, студентів, що займаються науковою роботою.

Запропоноване видання має достатній візуальний супровід, перелік технічних питань та рекомендовану науково-методичну літературу, розраховане також на інженерів-технологів, що працюють в переробній молочній галузі та прагнуть поглибити свої знання з даного наукового напрямку.

ISBN 978-646-115-9

УДК 66.022:637.045

ББК 36.9

© Перцевий Ф. В., Гурський П. В.,
Мельничук С.Д., Прасол Д.Ю. та інші, 2012

© Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2012

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ 1. Загальна характеристика молочних білків	7
1.1 Харчова та біологічна цінність молочних білків	7
1.2 Фізико-хімічні властивості білків молока	10
1.3 Функціонально-технологічні властивості білків молока	18
1.4 Теоретичні основи одержання молочних білків	28
1.5 Структурно-механічні властивості молочних білків.....	35
1.6 Використання сиру кисломолочного нежирного, олії та гідроколоїдів в технології нової пастоподібної закусочної продукції	36
Література до розділу 1	48
Розділ 2. Наукове обґрунтування технології паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного	54
2.1. Обґрунтування вибору компонентів модельної системи на основі сиру кисломолочного?	54
2.2. Дослідження впливу рецептурних компонентів на технологічні показники модельної системи паст закусочних.....	90
2.3 Обґрунтування параметрів теплової обробки модельної системи паст закусочних.....	94
2.4 Дослідження структурно-механічних характеристик модельної системи паст закусочних	109
2.5 Дослідження змін фракційного складу білкового комплексу в модельній системі паст закусочних	116
2.6 Вивчення впливу співвідношення основних компонентів в модельній системі паст закусочних на органолептичні показники.....	118
Література до розділу 3	122
Розділ 3. Розробка технології паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного.	131
3.1. Розробка рецептури та технології паст закусочних	131

3.2 Дослідження фізико-хімічних характеристик паст закусочних в процесі зберігання.....	136
3.3 Дослідження харчової та біологічної цінності паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного	141
3.4 Дослідження сенсорних показників якості паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного	148
3.5. Розробка рекомендацій з використання паст закусочних у складі кулінарної продукції закладів ресторанного господарства	158
Література до розділу 4	160

ВСТУП

Сучасні умови розвитку харчової промисловості та закладів ресторанного господарства ставлять перед працівниками сфери харчування завдання з розроблення і впровадження конкурентоздатних та економічно вигідних технологій готової продукції при одночасному поліпшенні її смакових характеристик, споживчих властивостей, підвищенні якості, харчової цінності та розширення асортименту.

В умовах ринкової економіки удосконалення асортименту продукції, що пропонується, в значній мірі регулюється споживчим попитом. На сучасному етапі розвитку та впровадження нових технологій, коли значний сировинний потенціал залишається невикористаним, проблема забезпечення населення продуктами харчування з високими споживчими властивостями, харчовою і біологічною цінністю є особливо важливою.

Останніми роками все більше уваги приділяється молоку і молочним продуктам, які є найбільш цінними в харчовому і біологічному відношенні, а також широко використовуються як рецептурні компоненти у складі різних страв.

Природно, що враховуючи дефіцит білків у харчуванні населення України серед широкого асортименту молочних продуктів особлива роль належить молочним білкам, оскільки вони характеризуються високою харчовою і біологічною цінністю. Білки збалансовані за найбільш необхідними для організму людини речовинами, які забезпечують його зростання, розвиток і життєдіяльність.

Тому особливо широкий розвиток одержали науково-дослідні роботи теоретичного і практичного характеру з вивчення й використання білків молока, їх комплексного виділення та оброблення в процесі виробництва.

Питанням отримання молочних білків займалися вітчизняні та закордонні дослідники. Деякі методи виділення білків молока запропонував та обґрунтував проф. Дьяченко П.Ф, які й досі широко використовуються не тільки в нашій країні, але і за кордоном. У зазначеному напрямку працювали Затирка А.Ф., Козлов В.М., Карпуніна Л.І., Гурський П.В, роботи яких спрямовані на використання молочних білків в технології кулінарної продукції.

За останні роки відбулися значні зміни в технологіях та техніці виробництва молочних продуктів, запроваджено принципово нові способи оброблення молока. Розроблені нові напрямки перероблення молока дозволяють підвищити харчову цінність молочних продуктів.

У зв'язку з вищевикладеним, вивчення технологій перероблення молока та розроблення на його основі нових продуктів харчування з

урахуванням сучасних тенденцій та змін, які склалися на даний час, є актуальними і своєчасними.

Монографія містить матеріали, які включають характеристику та огляд сучасних способів комплексного перероблення молока та отримання на його основі кулінарної продукції.

У першому розділі наведено загальну характеристику молочних білків; розглянуто їх фізико-хімічні, функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості білків молока, а також представлено теоретичні основи одержання молочних білків.

У другому розділі надано загальну характеристику молочних білків та представлено аналіз способів їх виділення. Детально розглянуто технологію отримання молочного білка термокислотним способом, встановлено його технологічні властивості та визначено харчову й біологічну цінність.

У третьому розділі наведено матеріали, які присвячені розробленню технології кулінарної продукції на основі молочного білка, отриманого термокислотним способом; розроблено рецептурний склад та технологічний процес виробництва сирків на основі молочного білка; досліджено показники якості запропонованих виробів.

У четвертому розділі представлено дослідження з наукового обґрунтування технології паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного з додаванням олії рафінованої дезодорованої як жирової компоненти та агару як структуроутворювача; змодельовано процес теплового оброблення; визначено структурно-механічні характеристики модельної системи паст та вплив співвідношення основних компонентів на їх органолептичні показники.

П'ятий розділ присвячено розробленню рецептурного складу і технології паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного та технології кулінарної продукції з використанням паст закусочних. Досліджено харчову і біологічну цінність паст закусочних, показники безпеки споживання, терміни і умови зберігання; розроблено комплексний показник якості; змодельовано розподіл відносного коефіцієнту якості залежно від оптимального вмісту основних рецептурних компонентів та температури теплового оброблення.

Сподіваємося, що дана робота стане у нагоді інженерам-технологам, які працюють в молочній переробній галузі, аспірантам, викладачам і студентам, які прагнуть поглибити свої знання з даного наукового напрямку.

Розділ 1. Загальна характеристика молочних білків

1.1 Харчова та біологічна цінність молочних білків

Молоко – це цінний харчовий продукт, який має велике значення в харчуванні людини, оскільки молоко та молочні продукти містять увесь спектр харчових речовин, у тому числі й незамінних, що необхідні організму людини. Це багатокomпонентна збалансована система, що має високі поживні, імунологічні та бактерицидні властивості.

Усі речовини, які входять до складу молока, легко та найбільш повно засвоюються організмом людини (білок – на 96 %, жир – 95 %, вуглеводи – 98 %).

Молоко є джерелом харчових білків високої біологічної цінності. Загальна кількість білків у молоці коливається від 2,9 до 4,0 % [1...5].

Білки є самим важливим компонентом коров'ячого молока, які займають домінуюче місце у процесах обміну, що відбуваються в живих організмах та при побудові клітин. Білки є основою всіх живих організмів та виконують багато функцій: структурну, транспортну, захисну, каталітичну, гормональну та ін.

За своїм складом та структурою молочні білки специфічні й ніде в природі більше не зустрічаються. Ступінь чистої утилізації молочних білків в організмі людини становить 75 %.

До складу молока входять три групи білків: казеїн – близько 80 % всіх білків молока; сироваткові білки – близько 20 % білкових речовин молока; та білки оболонок жирових кульок – близько 1 % всіх білків молока. Основні фракції білків молока наведено в табл. 1.1 [2, 5, 6, 7].

Основа білкових молекул – амінокислоти, які сполучені між собою пептидними зв'язками. Молочні білки характеризуються оптимальним співвідношенням амінокислот (зокрема незамінних), близьких до амінограми білків людського організму. Відомо більше 20 амінокислот, 18 з них виявлено в молочному білку, в тому числі 8 незамінних, тобто не синтезованих в організмі людини.

Більша частина з них (метіонін, триптофан, ізолейцин, фенілаланін, валін, лейцин) у білку молока міститься в кількостях, що значно перевищують їх вміст у білках м'яса, риби й рослинних продуктів. Білки молока у своєму складі мають вуглець, кисень, водень, азот, фосфор та сірку. Однак визначальними для характеристики білків є азот, сірка й фосфор.

До складу білків молока входять як циклічні, так і ациклічні амінокислоти – нейтральні, кислі та основні, причому переважають кислі.

Основні білки молока порівняно з глобулярними білками інших харчових продуктів містять досить багато лейцину, ізолейцину, лізину, глютамінової кислоти, α_s -казеїн – серину та проліну. За вмістом та співвідношенням незамінних амінокислот білки молока відносяться до біологічно повноцінних білків [1, 8, 9].

Таблиця 1.1 – Склад та вміст білків у коров'ячому молоці

Білки	Вміст у молоці	
	г/кг	%
1	2	3
Казеїни, всього	26,0	79,5
у тому числі:		
α_{s1} -казеїн	10,0	30,6
α_{s2} -казеїн	2,6	8,0
β -казеїн	10,1	30,8
χ -казеїн	3,3	10,1
Сироваткові білки, всього	6,3	19,3
у тому числі:		
α -лактоальбумін	1,2	3,7
β -лактоглобулін	3,2	9,8
альбумін сироватки крові	0,4	1,2
імуноглобуліни	0,7	2,1
протеозопептони	0,8	2,4
Білки оболонки жирових кульок	0,4	1,2
Загальний вміст білка	32,7	100,0

Результати досліджень харчової й біологічної цінності харчових продуктів показують, що серед їх великої кількості саме молоко й молочні продукти є найбільш ідеальними та займають значне місце у вирішенні питання забезпечення населення повноцінними білками тваринного походження.

Біологічна цінність білків молока характеризується високим амінокислотним скором. В білках міститься значна кількість незамінних амінокислот. Для білків молока типовим є високий вміст глютамінової кислоти, причому в казеїні її міститься значно більше, ніж у сироваткових білках.

Крім того, казеїн характеризується високим вмістом проліну, валіну й аргініну [5, 6, 8, 9].

Казеїн молока є джерелом біологічно активних пептидів, зокрема глікомакропептидів. Під дією хімозину вони відщеплюються від χ -казеїну й сприяють формуванню білкових згустків високого ступеня дисперсності, що визначають високу швидкість гідролізу α_s - і β -казеїнів.

За фізіологічними властивостями до глікомакропептидів близькі фосфопептиди, що відщеплюються від α_{s1} -казеїну в тонкому відділі кишечника під час травлення, а також компоненти протеозопептонів, що утворюються з β -казеїну. Дані фрагменти казеїнів стійкі до подальшого протеолітичного розщеплення, утворюють розчинні комплекси з кальцієм і сприяють абсорбції кальцію й фосфору в кишечнику.

Під час гідролізу білків молока в шлунково-кишковому тракті можуть утворюватися екзоморфіни або болезаспокійливі пептиди. Теоретично вважається, що екзоморфіни надходять у кров і беруть участь у зміні загального гормонального фону організму. На думку дослідників, β -казеоморфіни, що є фрагментами β -казеїну, у кишечнику при подальшому ферментативному гідролізі можуть утворювати гексапептиди й більш дрібні пептиди, що мають властивості імуномодуляторів, тобто речовин, що стимулюють розвиток імунних систем немовлят. Вони можуть підвищувати фагоцитарну активність макрофагів та стійкість організму до деяких інфекцій.

Деякий дефіцит сіркомістких амінокислот, в основному цистіну, характерний для казеїну, але на них багаті й сироваткові білки. Наявність сірки в сироваткових білках обумовлена присутністю сіркомістких амінокислот: метіоніну, цистіну, цистеїну. Вони впливають на зміни білків у процесі перероблення, наприклад на денатурацію й органолептичні показники під час теплового оброблення.

Сироваткові білки характеризуються високим вмістом двох інших найбільш дефіцитних амінокислот: лізину й триптофану. Тому введення сироваткових білків до рецептур при виготовленні харчових продуктів, сприяє збільшенню їх біологічної цінності, що характеризується поліпшенням ступеня збалансованості амінокислотного складу.

Харчова цінність молочних білків підвищується завдяки сполученню білкових молекул з вітамінами, особливо з вітамінами групи В, мінеральними речовинами - Ca, Mg, K і Na, а також ліпідами, що поліпшують засвоєння окремих амінокислот організмом [3, 5, 6].

Протягом останніх десятиліть проводяться дослідження білка, названого ангіогеніном. Цей білок сприяє росту кровоносних судин, прискорює загоєння ран й опіків.

Таким чином, білки молока є білками високої харчової й біологічної цінності як за складом амінокислот, так і за швидкістю перетравлюваності в шлунково-кишковому тракті, а також іншими важливими біохімічними і фізіологічними властивостями.

1.2 Фізико-хімічні властивості білків молока

Фізико-хімічні властивості молока як єдиної полідисперсної системи перш за все зумовлені властивостями його складових компонентів і взаємодій між ними. І саме білки молока мають значний вплив на зазначені властивості.

Казеїн. Одним із основних представників білків молока є казеїн, кількість якого в молоці коливається від 2,1 до 2,8%. Елементарний склад нефракціонованого казеїну наступний, %: вуглець – 53,10; водень – 7,10; кисень – 22,80; азот – 15,40; сірка – 0,82; фосфор – 0,80.

Казеїн можна отримати шляхом зсідання знежиреного молока при його підкисленні до рН 4,6...4,7.

Очищений казеїн являє собою аморфний порошок білого кольору, без запаху й смаку, практично нерозчинний у воді, але розчинний у слабких розчинах лугів, солей лужних і лужноземельних металів і мінеральних кислот. Казеїн є гетерогенним білком, тобто під час електрофорезу утворює кілька фракцій з різною рухливістю, що розрізняються за складом та властивостями [1, 2, 8, 9].

У розчині казеїн має ряд вільних функціональних груп, що обумовлюють його заряд, характер взаємодії з водою (гідрофільні властивості) і здатність вступати у хімічні реакції.

З полярними групами, що знаходяться на поверхні й усередині казеїнових міцел ($-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$ та ін.), пов'язана іонна форма та молекулярна адсорбція, що відіграє суттєву роль у гідратації білкових молекул і стабільності колоїду білка. Іонну форму казеїну забезпечують вільні полярні групи білка – карбоксильні та амінні, що знаходяться у сильно гідратованому стані. Гідратна оболонка складається з декількох шарів, міцність зв'язку яких з полярною групою поступово зменшується з віддаленням від центра зарядів молекул води.

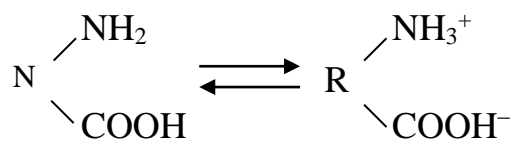
Перший шар – це орієнтовані нерухомі молекули води, міцно зв'язані з білком – тобто зв'язана, гідратаційна волога молекулярної адсорбції. Решта

шарів – волога полімолекулярної адсорбції, що за певних умов не відрізняється від вільної. Зв'язані полярні групи білка – пептидні, головні поліпептидні ланцюжки, гідроксильні, сульфгідрильні забезпечують молекулярну адсорбцію внаслідок виникнення заряду за рахунок зміщення спільної пари електронів до одного з атомів.

Полярні групи білка зазвичай зв'язують близько 1,9 г води на 1 г білка. Здатність казеїну зв'язувати воду характеризує його гідрофільні властивості, що залежать від структури, величини заряду білкової молекули, рН середовища, ступеня подрібнення білкових речовин, концентрації солей та інших чинників [1, 7, 8].

За рН 6,6...6,7 свіжого молока казеїн має негативний заряд. Рівність позитивних і негативних зарядів (ізоелектричний стан білка) настає в кислому середовищі за рН 4,6...4,7 (або 4,6...5,0).

Казеїн, як і всі білки, містить одночасно амінні ($-NH_2$) і карбоксильні ($-COOH$) групи, що у розчині знаходяться у вигляді NH_3^+ і COO^- . Тобто, казеїн має властивості амфотерного електроліту (амфоліту, амфіону). Кількість вільних карбоксильних груп у казеїні більше, ніж амінних, тому він має кислу реакцію:

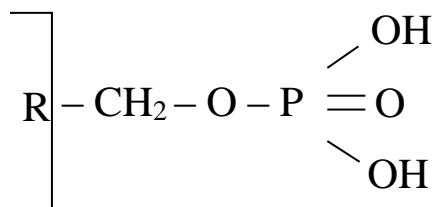


У молоці казеїн має явно виражені кислі властивості. Його вільні карбоксильні групи дикарбонових амінокислот і гідроксильні групи фосфорної кислоти легко взаємодіють з іонами солей лужних і лужноземельних металів (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), утворюючи казеїнати. Під час йодування тирозину, що входить до складу білка, утворюється йодказеїн, що зараз широко застосовується в молочній та хлібопекарській промисловості для ліквідації йодної недостатності у населення.

Вільні аміногрупи казеїну можуть взаємодіяти з альдегідами, наприклад, з формальдегідом. Ця реакція лежить в основі визначення вмісту білків у молоці методом формольного титрування [1, 2, 8].

Казеїн являє собою суміш фосфопротеїдів (рис. 1.1), що містять залишки фосфорної кислоти (органічний фосфор), приєднані до амінокислоти серину моноєфірним зв'язком (O-P). Внаслідок багаторічних досліджень встановлено, що казеїн можна розподілити на такі основні фракції: α_{s1} -, α_{s2} - β -, χ -казеїн, решта його фракцій – похідні від основних [10...15].

Всі фракції казеїну – фосфопротеїди, які містять різну кількість залишків фосфорної кислоти. α_s -казеїн має в поліпептидному ланцюжку вісім залишків фосфорної кислоти, β -казеїн – чотири і χ -казеїн – один. Цим визначається їх чутливість до іонів кальцію. Найбільш чутливі до іонів кальцію α_s -казеїн і β -казеїн. Вони утворюють кальцієві містки, агрегатують і випадають в осад [1, 2, 7].



Казеїн Серинфосфорна кислота

Рис. 1.1. Фрагмент казеїну (фосфопротеїд)

Фракції α_{s1} -, α_{s2} - β -, χ -казеїну добре вивчені. Їх можна виділити в достатньо чистому вигляді; відомий їх амінокислотний склад та частково структура. У молоці казеїн знаходиться у вигляді колоїдного розчину гелю (частки високодисперсної речовини рівномірно розподілені в рідкому середовищі) у формі казеїнаткальційфосфатного комплексу (ККФК), що утворений сполученням казеїнату кальцію з колоїдним фосфатом кальцію [10...12, 17...24]. У спокійному стані при підвищенні кислотності або внесенні сичужного ферменту молочний білок зсідается (коагулює), утворюючи при цьому згусток-гель (тверду драглеподібну систему). Під час старіння згусток (гель) стискується і з нього виділяється вода (сироватка) з розчиненими в ній речовинами (синерезис) [10...12, 16, 23...27].

Фракції казеїну є сильно взаємодіючими, схильними до асоціювання (агрегування) білками. У водяних розчинах за наявності кальцію мономери фракцій утворюють асоціати різних форм і розмірів. При цьому вони взаємодіють не тільки між собою, але й один з одним. Асоціація казеїнів залежить від температури, рН та іонної сили молока.

α_{s1} -Казеїн – головний компонент білка (молекулярна маса від 22000 до 24000Да), найбільш електрофоретично рухливий і чутливий до дії іонів кальцію. Він відрізняється від інших фракцій підвищеним вмістом лізину, аспарагінової кислоти, тирозину, зниженим вмістом лейцину, проліну, фенілаланіну, та відсутністю цистеїну.

β -Казеїн не чутливий до дії іонів кальцію за температури 4 °С, а за температури 35 °С осаджується при взаємодії з ними. За певних умов він може гідролізуватися під дією плазміну молока, у результаті чого утворюються фрагменти β -казеїну, що раніше називалися γ -казеїном

(молекулярною масою від 12000 до 20000 Да) і компонентами протеозопептонів (молекулярною масою від 4000 до 14000 Да). Це призводить до того, що в результаті тривалого зберігання молока відбувається погіршення його технологічних властивостей. β -Казеїн характеризується підвищеним вмістом валіну, лейцину, проліну, зниженим вмістом аланіну, аспарагінової кислоти та відсутністю цистеїну.

χ -Казеїн (молекулярна маса 19000 Да), на відміну від інших фракцій, містить цистеїн, значну кількість треоніну, аланіну, незначну кількість метіоніну і гліцину, є фосфоглікопротеїдом, що не чутливий до іонів кальцію, тому, розташовуючись на поверхні міцели казеїну, він виконує захисну функцію стосовно α_s - і β -казеїнів. χ -Казеїн містить вуглеводи і чутливий до сичужного ферменту, під дією якого розпадається на гідрофобний пара- χ -казеїн (що випадає в осад) і гідрофільний глікомакропептид (що залишається в розчині й відокремлюється разом із сироваткою). χ -Казеїн містить тільки один фосфосериновий залишок (можливо, що деякі компоненти мають два залишки), тому практично не приєднує іони кальцію, тобто не втрачає розчинність у їхній присутності. Під час асоціації з α_{s1} - і β -казеїнами χ -казеїн утворює стабільні міцели й у такий спосіб захищає їх від осадження іонами кальцію [1, 2, 6, 7, 8].

Сир кисломолочний нежирний, в якому молочний білок (казеїн), як

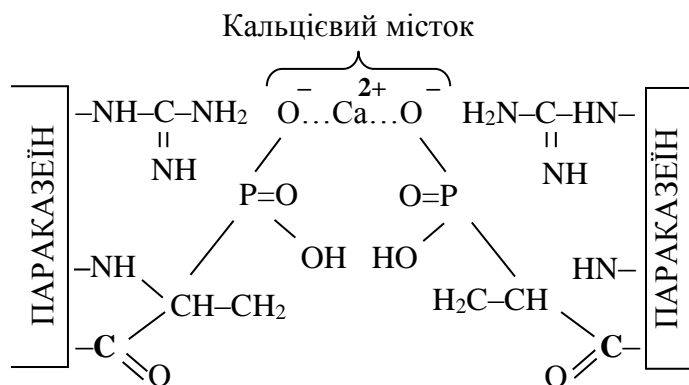


Рис. 1.3. Гідрофобні зв'язки між пара- χ -казеїном сиру кисломолочного

основна складова частина, представлений у формі казеїнкальційфосфатного комплексу (ККФК) [89] з вираженими гідрофобними зв'язками в основному за рахунок «кальцієвих містків» пара- χ -казеїну (рис. 1.3). Гідро-

фобні взаємодії таких білків призводять до утворення скупчень білкових часток (міцел), об'єднаних в єдину структуру, яка забезпечує найбільший контакт білків з водою [27, 89, 90].

Електронно-мікроско-пічними дослідженнями було встановлено, що ККФК складається з міцел сферичної форми, які, в свою чергу, складаються з менших часток – субміцел. Вченими було запропоновано кілька різновидів моделей міцел казеїну, з яких, на нашу думку, більш раціональною є модель,

запропонована Г.Н. Крусъ [10, 24...26]. За її теорією казеїнова міцела в основному складається з трьох видів субміцел (А)– α_s -казеїн + χ -казеїн, (В)– α_s -казеїн + β -казеїн та (С)– β -казеїн + χ -казеїн (рис.1.2).

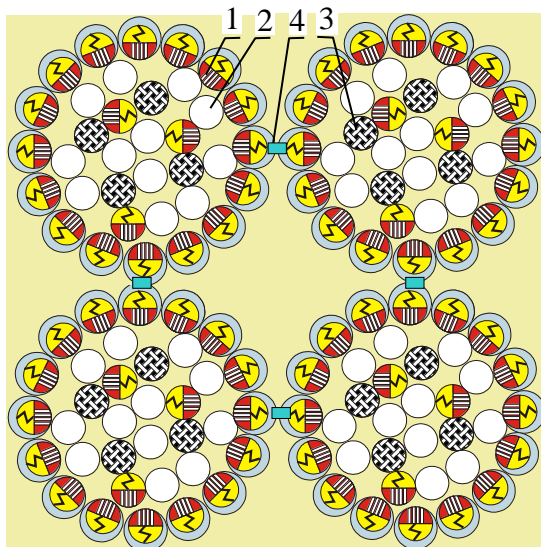


Рис. 1.2. Модель казеїнової міцели (за даними Крусъ Г.Н.): 1 – субміцела А (α_s - і χ - казеїн); 2 – субміцела В (α_s - і β - казеїн); 3 – субміцела С (β - і χ - казеїн та ін.); 4 – «кальцієвий місток»

Утворення субміцел (А) відбувається переважно за рахунок сил гідрофобної та електростатичної взаємодій [22]. Формування субміцел (В) відбувається в результаті гідрофобної та електростатичної взаємодій, а також за рахунок іонів кальцію або колоїдного фосфату кальцію (КФК). Субміцели (В) взаємодіють одна з одною за допомогою КФК і утворюють комплекс, що являє собою основну частину ядра міцели. При цьому у взаємодію із субміцелами (В) вступають субміцели (С) й окремі субміцели (А).

Субміцели являють собою агрегатовані фракції казеїну, сполучені між собою гідрофобними зв'язками і кальцієвими містками. Сполучення субміцел у міцели, очевидно, відбувається за допомогою фосфату кальцію і кальцієвих містків.

Остаточно міцела формується, коли вміст χ -казеїну перевищує критичну концентрацію міцелоутворення. У цьому випадку χ -казеїн у субміцелах (А) проявляє себе як типова поверхнево-активна речовина. Субміцели (А), прагнучи до самоасоціації, захоплюють ядро міцели і осаджуються на його поверхні. При цьому між субміцелами (А) і (В) утворюються зв'язки за допомогою КФК і ріст міцели припиняється. Субміцели (А) розташовуються на поверхні міцели таким чином, що N-кінець χ -казеїну зорієнтований усередину міцели, а С-кінець χ -казеїну розташовується на поверхні. При цьому велика частина поверхні міцели

покрита С-кінцем χ -казеїну, що має нитковидну, розгалужену за рахунок вуглеводів структуру і утворює своєрідне так зване «волосяне покриття» на поверхні міцели. Всередині міцели концентруються чутливі до іонів кальцію субміцели (В і С) [22]. Тобто міцела побудована таким чином, що гідрофобні ділянки молекул казеїну сховані всередині, а гідрофільні групи χ -казеїну, які утворюють гідратні оболонки завтовшки з моно- або бімолекулярний шар, розташовані зовні. Крім того, казеїнові міцели завдяки основним і кислотним групам атомів мають різну полярність, тому між міцелами одночасно діють сили притягування і відштовхування. Мінімальні сили відштовхування спостерігаються в ізоелектричному стані казеїну [17, 18, 22, 24...27].

Міцели казеїну мають властивості гідрофільного золю, що за певних умов може зворотно перейти в гель. Вони являють собою колоїдну фазу змішаного складу, що має властивості гідрофільного й гідрофобного золю. Крім того, у складі міцел казеїну до шлунково-травного тракту транспортуються дуже важливі для молодого організму солі кальцію, фосфору й магнію.

Міцели мають пористу структуру, тому що поряд з казеїном і неорганічними компонентами містять велику кількість води – 0,7...4 г H_2O на 1 г білка. Порівняно мала частина цієї води (0,5 г на 1г білка) пов'язана з білком і відноситься до так званої зв'язаної води. Інша кількість води іммобілізується (поглинається) внутрішньою частиною міцел. Співвідношення між α_{S1} -, α_{S2} -, β - і χ -казеїнами в міцелі може становити 3:1:3:1; 3:0,8:3:1 та ін. У табл. 1.2 наведено усереднені фізичні параметри казеїнових міцел [1...3, 8].

Таблиця 1.2 Усереднені фізичні параметри казеїнових міцел

Параметри	Характеристика
Діаметр, нм	130... 160
Площа поверхні, cm^2	$8 \cdot 10^{10}$
Об'єм, cm^3	$2,1 \cdot 10^{-15}$
Густина (гідратованої міцели), kg/m^3	1063,2
Маса, г	$2,2 \cdot 10^{-15}$
Масова частка води, %	63
Ступінь гідратації, г H_2O на 1 г білка	3,7
Молекулярна маса міцели гідратованої	$1,3 \cdot 10^9$
Молекулярна маса міцели дегідратованої	$5 \cdot 10^5$
Кількість пептидних ланцюгів (молекулярною масою 30000) у міцелі	10^4
Кількість міцел в 1 cm^3 молока	$10^{14} \dots 10^{16}$

У свіжому молоці казеїн знаходиться у вигляді міцел майже сферичної форми. Середній діаметр його часток складає 70...100 нм (з коливаннями від 40 до 300 нм) і молекулярна маса – близько 10^8 . У свою чергу казеїнові міцели складаються із субодиноць (субміцел) діаметром 8...15 нм і молекулярною масою 250000...300000 Да.

Сироваткові білки. Під терміном «сироваткові білки» зазвичай розуміють групу азотистих сполук молока, що залишаються в плазмі молока (сироватці) після осадження казеїну за рН 4,6...4,7.

Головними представниками сироваткових білків слід вважати β -лактоглобулін й λ -лактоальбумін: перший становить близько 50% (50...54 %) від загальної маси цих білків, другий - близько 20 % (20...25 %). Інша кількість сироваткових білків припадає на альбумін сироватки крові, імуноглобуліни, лактоферин та інші мінорні білки [2, 6, 7].

β -Лактоглобулін, λ -лактальбумін та імуноглобуліни виконують важливі біологічні функції й мають велике промислове значення внаслідок високого вмісту незамінних і сіркомістких амінокислот. Із сироватки їх виділяють у нативному стані за допомогою ультрафільтрації й застосовують для збагачення різних харчових продуктів.

Альбумін сироватки крові міститься у молоці в незначних кількостях і використовується при виробництві альбумінного сиру. Лактоферин, незважаючи на малий вміст, виконує важливі біологічні функції й необхідний для організму немовлят.

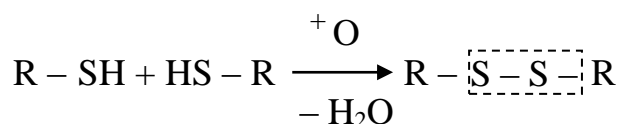
Окрім перерахованих білків сироватка містить компоненти протеозо-пептонної фракції, що є фрагментами β -казеїну та інші білки, що характеризуються ферментативними й гормональними властивостями.

На відміну від казеїнів сироваткові білки не асоціюють один з одним і не осаджуються в ізоелектричній точці, їхня молекулярна маса коливається в широкому інтервалі - від 14,1 до 66,3 кДа і вище. Вони проявляють генетичний поліморфізм, поліпептидні ланцюги білкових молекул не містять фосфорних ефірів, відрізняються більшою кількістю сіркомістких амінокислот.

Сироваткові білки характеризуються рівномірним розподілом полярних і неполярних амінокислот уздовж поліпептидного ланцюга, низьким вмістом проліну, тому мають компакту глобулярну конформацію зі значною спіралізацією ланцюгів і середнім діаметром від 15 до 50 нм. Вони не гідролізуються плазміном і сичужним ферментом, порівняно з казеїном менш чутливі до кальцію, але більш чутливі до нагрівання. Через малий

розмір їхня кількість у молоці перевищує число казеїнових міцел приблизно в 1500 разів.

β -Лактоглобулін становить 50...54 % білків сироватки (або 7...12 % всіх білків молока). Він має ізоелектричну точку за рН 5,1, у сирому молоці перебуває у вигляді димеру, що складається із двох поліпептидних ланцюгів з молекулярною масою по 18 000Да кожна. Під час нагрівання молока до температури 30 °С β -лактоглобулін розпадається на мономери, які при подальшому нагріванні агрегують за рахунок утворення S-S-зв'язків:



Теплова денатурація β -лактоглобуліну призводить до коагуляції агрегованого білка (він коагулює майже повністю за температури 85...100 °С).

Під час пастеризації молока денатурований β -лактоглобулін разом із $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ випадає в осад у складі молочного каменю та утворює комплекси з χ -казеїном казеїнових міцел (осаджуючись разом з ними під час коагуляції казеїну).

Утворення в результаті теплової(го) оброблення(лення) молока комплексу β -лакто-глобулін – χ -казеїн значно погіршує атаку χ -казеїну сичужним ферментом і впливає на термостійкість казеїнових міцел [1, 2, 8].

λ -Лактальбумін. У сироваткових білках λ -лактальбумін посідає друге місце після β -лактоглобуліну (його вміст становить 20...25 % сироваткових білків, або 2...5 % загальної кількості білків). λ -Лактальбумін має молекулярну масу близько 14 000Да, його молекула являє собою один поліпептидний ланцюг, що складається з 123 амінокислотних залишків, що утримує чотири дисульфідних зв'язків (—S—S—). Для порівняння, молекула β -лактоглобуліну містить два дисульфідних зв'язків та одну вільну сульфгідрильну групу (SH-групу), що сприяє його швидкому агрегуванню після денатурації.

Імуноглобуліни. У звичайному молоці імуноглобулінів міститься мало, у молозиві вони складають основну масу (до 90 %) сироваткових білків.

Імуноглобуліни відносять до групи високомолекулярних білків, що мають властивості антитіл. *Антитіла* – речовини, що утворюються в організмі тварини під час введення у нього різних чужорідних білків (антигенів) та нейтралізують їх шкідливу дію. Отже, виділення антитіл пов'язане з імунними реакціями організму. Імуноглобуліни молока мають чітко виражені властивості аглютинінів (від лат. agglutinare – приклеювати) -

речовин, що викликають склеювання й випадання в осад мікробів та інших клітинних елементів.

Імуноглобуліни молока мають більшу молекулярну масу (150 000 Да і вище), у своєму складі містять вуглеводи, термолабільні, тобто коагулюють під час нагрівання молока до температури вище 70 °С [2, 3, 7, 8].

Лактоферин – це глікопротеїд з молекулярною масою близько 76 000 Да, який містить залізо. Цей білок виконує транспортну функцію – зв'язує й переносить в організм немовляти залізо; крім того, має захисні властивості – при зв'язуванні заліза, затримувати розвиток небажаної кишкової мікрофлори (*E. coli* й ін.), що особливо його потребує. У молоці міститься в малих кількостях (менше 0,3 мг/г), у молозиві його в 10...15 разів більше.

Білки оболонки жирових кульок. До них відносяться білки, що є структурними елементами оболонки жирових кульок і сприяють їх стабільності під час теплового оброблення. Вони можуть бути міцно вбудованими у внутрішній ліпідний шар оболонки, пронизувати її або розташовуватися на зовнішній поверхні оболонки. Це, як правило, глікопротеїди молекулярною масою від 15 000 до 240 000 Да, що містять 15...50 % вуглеводів і характеризуються різною розчинністю у воді. Деякі з них мають властивості ферментів. Важливий білковий компонент оболонки – нерозчинний у воді (гідрофобний) глікопротеїд з молекулярною масою понад 60 000 Да. Він міцно вбудований у внутрішній шар оболонки й зберігається на поверхні жирових кульок під час теплового та механічного оброблення молока (вершків) [8].

Вивчення фізико-хімічних, функціонально-технологічних, поживних властивостей та біологічної цінності молочного білка має велике значення для науки і практики при створенні нових продуктів. Поведінка білків молока внаслідок впливу на них різних чинників, на думку багатьох авторів, є теоретичною основою для розроблення нових та удосконалення існуючих способів виділення білків.

1.3 Функціонально-технологічні властивості білків молока

Необхідно відзначити, що білки молока характеризуються цінними функціональними властивостями (водозв'язуючою здатністю, в'язкістю, гелеутворенням, емульгуванням, піноутворенням та ін.), що дозволяє використовувати їх в якості важливих компонентів для утворення різноманітних комбінованих харчових продуктів.

Гідратація білків. Завдяки цій властивості білки молока мають здатність до зв'язування води та її утримання, що впливає не тільки на консистенцію і структуру готового продукту, але й на технологію виробництва і здатність до зберігання таких молочних продуктів як, сири.

Велике практичне значення з точки зору технології має здатність казеїну зв'язувати воду. За певних умов казеїн може зв'язувати значну кількість води - близько 3,7 г на 1 г білка (табл. 1.2). Гідрофільні властивості казеїну залежать від структури, величини заряду молекул, рН середовища, концентрації в ньому солей, а також інших факторів.

Від гідрофільних властивостей казеїну залежить стійкість міцел білка в сирому, пастеризованому й стерилізованому молоці. Це сприяє зростанню його термостійкості, що дозволяє нагрівати молоко не тільки до температури пастеризації (72...95 °С), але й до температури стерилізації 143 °С, не викликаючи його денатурації. Під час високотемпературного оброблення молока, внаслідок взаємодії казеїну з сироватковими білками його гідрофільні властивості посилюються. Інтенсивність цієї взаємодії та температура безпосередньо впливають на структурно-механічні властивості (міцність, еластичність, виділення сироватки) згустку під час отримання кисломолочного сиру. Гідрофільні властивості казеїну також визначають водозв'язуючу та вологоутримуючу здатність готового продукту.

Гідрофільні властивості казеїну не тільки визначають стійкість білкових часток у молоці під час його теплового оброблення, але й впливають на перебіг деяких технологічних процесів.

Формування водозв'язуючої і вологоутримуючої здатності в результаті взаємодії системи "білок-вода" є однією з найважливіших функцій молочного білка. Швидкість та стійкість зв'язування води залежить головним чином від стану, властивостей та концентрації білкових речовин. На вологоутримуючу здатність білків суттєво впливають їх природні властивості: наявність заряджених полярних та вільних поліпептидних груп; просторова структура білка; величина питомої поверхні білкових часток. Значний вплив також мають і умови гідратації: величина рН середовища, що характеризує рівень іонізації аміногруп; ступінь денатураційних змін, що сприяють зниженню сорбції води білком внаслідок зростання міжбілкових взаємодій; концентрація та властивості електролітів у системах солей-плавителів [1, 3, 6, 9].

Коагуляція білків. Під час виробництва кисломолочних продуктів і сирів використовують здатність білків до коагуляції й денатурації.

Білки молока у водних розчинах перебувають у вигляді колоїдних часток, розміри яких коливаються від 1 до 200 нм. Стійкість колоїдних систем зумовлена наявністю на поверхні часток електричного заряду й гідратної оболонки. Зміна електричного заряду й порушення гідратної оболонки призводять до осадження (коагуляції) часток. Глобулярні білки, до яких належить і казеїн, за рахунок переваги в них залишків кислих амінокислот здобувають у розчинах надлишок негативного заряду. За певних умов (нагрівання молока, збільшення концентрації іонів водню й кальцію внаслідок введення кислот і хлориду кальцію) негативний заряд казеїну можна знизити. Величина рН, за якої спостерігається рівність позитивних і негативних зарядів, називається *ізоелектричною точкою*.

Для казеїну ізоелектрична точка перебуває в межах рН 4,6...4,7. При цьому значенні рН білкові частки втрачають здатність пересуватися в електричному полі. Гідратація казеїну в таких умовах проявляється слабо, і спостерігається найнижча його стабільність. Сили електричного відштовхування між білковими молекулами в цій точці мінімальні. Це призводить до того, що білки в ізоелектричній точці агрегують (укрупнюються) і коагулюють (випадають в осад). Під час коагуляції відбувається зворотне осадження білків, тобто за певних умов їх знову можна перевести в нативний стан. Властивість казеїну осаджуватися в ізоелектричній точці використовують для виробництва всіх кисломолочних продуктів і сирів [8, 9].

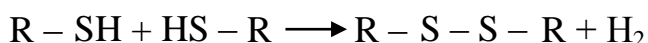
Денатурація білків. Одна з найважливіших властивостей сироваткових білків – їхня денатурація. Вона може бути викликана впливом наступних чинників:

- високих температур;
- тиску і напруги зсуву;
- ультрафіолетового або іонізуючого випромінювання;
- дією ферментів, органічних розчинників (спирт, ацетон), хімічних речовин, що реагують із функціональними групами на поверхні білка та ін.

Денатурація – це зміна структури білка в порівнянні з його нативним станом. Результат денатурації – розгортання третинної й вторинної структур і вивільнення розташованих усередині них функціональних груп. Розрив гідрофобних зв'язків, що підтримують третинну й вторинну структури білків, веде до розгортання нативної специфічної структури молекул білків й утворення довільної конфігурації. Зв'язки, що раніше підтримували структуру, вивільняються й можуть по-новому орієнтуватися. Функціональні групи, які спочатку розташовувалися усередині глобул білків, а тепер також

беруть участь у формуванні зв'язків, вступають у взаємодію з іншими молекулами білка. При цьому білок втрачає розчинність, агрегує і коагулює.

Тепловій денатурації в основному піддаються сироваткові білки, що є найбільш термолабільною частиною білків молока. У процесі пастеризації й стерилізації в них відбуваються порівняно глибокі зміни. Спочатку відбувається їхня денатурація, тобто конформаційні зміни білкових молекул з порушенням третинної й вторинної структур, у результаті яких компактно згорнута молекула перетворюється в безсистемно утворений клубок; далі настає агрегація денатурованих часток за рахунок взаємодії SH-груп:



Денатурація більшості сироваткових білків молока розпочинається за порівняно низьких температур нагрівання — в інтервалі 62...78 °С. Ступінь денатурації (і агрегування) білків залежить від температури, тривалості її впливу на молоко та рН розчину [1...4, 7...9].

Термолабільні сироваткові білки здатні осаджуватися під дією кислоти за рН 4,6...4,7 після попередньої теплового оброблення молока або сироватки (кип'ятінням протягом 30 хв). До термостабільних білків молока, що не коагулюють під впливом попереднього теплового оброблення за рН 4,6 відноситься лише незначна частина сироваткових білків.

Досліджено, що теплове оброблення молока за температури 85...87 °С з витриманням протягом 5...10 хв і 93...95 °С з витриманням 2...3 хв призводить до агрегації майже повністю денатурованих часток сироваткових білків [22].

Встановлено оптимальні режими коагуляції для максимального виходу білків: рН 4,4...4,6; температура 90 °С, витримання 240 с, за яких вихід білків становить 93 % [29, 30, 31].

За даними Агравала С. П. і Х. Пітер (Німеччина) нагрівання до температури 90 °С викликає денатурацію до 60 % сироваткових білків [32].

Автор [33] вважає, що сироваткові білки денатують практично повністю під час нагрівання молока до 100 °С.

Дослідженнями ступеню денатурації сироваткових білків за різних температур і тривалості витримання встановлено, що сироваткові білки денатують повністю за температури 95 °С і витриманні 30 хв [34].

З представлених даних, очевидним є те, що в інтервалі температур 91...95 °С відбувається найбільш повна денатурація сироваткових білків, але

при цьому варто враховувати небажані зміни в молоці за тривалого впливу високих температур.

Зміни, що відбуваються, пояснюються тим, що інертні в нативних білках функціональні групи білкових ланцюгів (сульфідні, фенольні, гідроксильні й ін.) активно вступають у хімічні реакції. Це обумовлює молекулярні взаємодії в денатурованих білках, здатність їхніх молекул до агрегації й утворення комплексів з іншими білками, зокрема з казеїном [35, 37].

Вивільнення SH-груп у молоці в результаті термооброблення починається за 75 °С. Відповідно до досліджень учених у ряді робіт відзначено, що взаємодія сироваткових білків з казеїном відбувається в тому випадку, якщо під час термооброблення молока денатурує понад 50 % сироваткових білків. Однак при цьому здатність молока до сичужного зсідання погіршується [34, 36, 38, 39].

Із сироваткових білків найбільш термолабільні імуноглобуліни й сироватковий альбумін. β -лактоглобулін та λ -лактоальбумін відносяться до більш термостабільних білків. Теплова денатурація β -лактоглобуліна призводить до коагуляції агрегованого білка (він коагулює майже повністю за 85...100 °С). Крім того, β -лактоглобулін утворює комплекси з χ -казеїном казеїнових міцел й осаджується разом з ними під час коагуляції казеїну. Цей комплекс значно зменшує вплив на χ -казеїн сичужного ферменту й знижує термостійкість білків молока.

Теплова денатурація β -лактоглобуліну протікає за загальноприйнятою схемою: розгортання білкових молекул - агрегація денатурованого білка.

Теплова денатурація це чотирьохстадійний процес. На першій стадії за підвищення температури молока до 40 °С та вище відбувається дисоціація димера β -лактоглобуліну на два мономери. Подальше підвищення температури (до 70 °С й вище) на другій стадії супроводжується конформаційними змінами мономерів β -лактоглобуліну: молекули поступово розгортаються зі звільненням SH-груп. Присутність однієї тиольної групи на одну молекулу білка дуже важлива для наступних реакцій, які сприяють утворенню агрегатів β -лактоглобуліна й тим самим перешкоджають повторному згортанню поліпептидних ланцюгів. Третя стадія процесу теплової денатурації відбувається за температури вище 75 °С і характеризується утворенням за допомогою S-S-зв'язків агрегатів білка невеликого розміру. Протягом четвертої стадії, швидкість якої значно нижче швидкості третьої стадії, з невеликих агрегатів утворюються порівняно великі агрегати [1, 2, 7, 8].

Після нагрівання за невисоких температур (70...80 °С) тільки невелика частина денатурованих (розгорнутих) молекул β-лактоглобуліну зможе відновити свою нативну структуру. Зворотність денатурації, імовірно, залежить від температури нагрівання й тривалості витримування при ній.

За температури вище 135 °С відбувається дестабілізація залишкової структури β-лактоглобуліну, тобто спостерігається повне зворотне розгортання поліпептидних ланцюгів білка

Термолабільними є також імуноглобуліни, які денатують за температури вище 70 °С.

Самим термостійким із сироваткових білків є λ-лактоальбумін. Для його повної коагуляції необхідне нагрівання молока до температури 114 °С, однак температура денатурації білка становить усього 62 °С. Велика стійкість λ-лактоальбуміну до нагрівання обумовлюється зворотністю денатурованого білка; після охолодження спостерігається відновлення його нативної структури за рахунок мимовільного повторного згортання ланцюгів (рис. 1.3). Цей процес називається *ренатурацією*. Зворотність денатурації за рН 6...7 становить близько 90 % [1, 7, 9].

Як правило, глобулярні білки після термічного розгортання молекул проявляють схильність до агрегації, що перешкоджає повторному згортанню поліпептидних ланцюгів під час охолодження.

Високий ступінь ренатурації термічно денатурованого λ-лактоальбуміну, на думку багатьох авторів, пояснюється здатністю білка стабілізувати свою третинну структуру за допомогою кальцію. λ-Лактоальбумін є металопротеїдом, що зв'язує певну кількість Ca^{2+} , видалення якого супроводжується конформаційною зміною структури білка й значно уповільнює ренатурацію. Очевидно, під час термічного розгортання λ-лактоальбумін втрачає кальцій, що у процесі охолодження знову приєднується до білка й сприяє відновленню його третинної структури.



Рис. 1.3. Повторне згортання ланцюгів λ-лактальбуміну

Казеїн, на відміну від звичайних глобулярних білків, має дуже високу термостабільність. Така висока теплова стабільність казеїну пояснюється специфічною структурою білка (великий вміст проліну, відсутність вільних сульфгідрильних груп і т. ін.), якому вже в нативному стані властиві всі ознаки денатурації. Експериментальні дані свідчать, що казеїн під час нагрівання до температури 140 °С не проявляє ендотермічного теплового ефекту, характерного для процесу розгортання структури глобулярних білків.

Гідроліз білків молока. Разом з тим під час теплового оброблення, особливо за високих температур стерилізації, в казеїнаткальційфосфатному комплексі відбувається ціла низка фізико-хімічних змін, що можуть негативно впливати на технологічні властивості й харчову цінність молока. Так, можуть відбуватися гідроліз пептидних зв'язків, дефосфорування, дегідратація казеїну, його комплексоутворення з денатурованими сироватковими білками, лактозою і т. ін. В результаті цих процесів можуть наступати дезінтеграція казеїнових міцел або, навпаки, збільшення їх розміру, що приводить до погіршення сичужного зсідання молока, коагуляції білків під час зберігання молочних продуктів та ін.

Під час розпаду білків відбувається гідроліз пептидних зв'язків, у результаті чого утворюються спочатку протеози, пептони, поліпептиди, олігопептиди, потім амінокислоти й, нарешті, вторинні продукти розпаду - аміак, аміни, сірководень. Розривання пептидних зв'язків та утворення вільних амінокислот під час гідролізу (розщеплення) поліпептидів відіграє велику роль під час дозрівання сирів, виробництві кисломолочних продуктів і т. ін. [1, 8, 9].

Гідроліз казеїну (у першу чергу χ -казеїну й у меншому ступені α_s - і β -казеїнів) під час звільнення різних пептидів після впливу на молоко високих температур було вивчено рядом авторів. Так, за 110...140 °С у результаті гідролізу пептидних зв'язків у χ -казеїні спостерігається звільнення глікомакропептидів. При цьому знижується ступінь гідратації казеїнових міцел. Як показали дослідження, термічно відщеплені глікомакропептиди аналогічні глікомакропептидам, що вивільнюються під час дії на казеїн сичужного ферменту. Як відомо, χ -казеїн відіграє важливу роль у стабілізації казеїнових міцел, у тому числі й під час теплового оброблення, тому гідроліз близько 20 % усього χ -казеїну може викликати теплову коагуляцію білків молока.

Теплове дефосфорування казеїну, тобто гідроліз фосфорноефірних зв'язків з видаленням з β - і α_s -казеїнів частини органічного фосфору, може знизити сумарний негативний заряд казеїнових міцел і викликати електростатичну напругу в системі. Дефосфорування казеїну наступає за

температур вище ніж 100 °С. Після дефосфорування погіршується здатність казеїну зв'язувати кальцій, частина його виходить з казеїнатів кальцію, настає дестабілізація міцел, а також їхня полімеризація, тобто в підсумку знижується термостійкість білків молока [1...3, 6...8].

Комплексоутворення білків молока. Великий практичний інтерес викликає здатність казеїну (головним чином χ -казеїну, а можливо й α_{S2} -казеїну) утворювати під час нагрівання комплекси з денатурованими сироватковими білками.

Утворення комплексів починається за порівняно низьких температур (80...95 °С). Кількість сироваткових білків (в основному β -лактоглобуліну), що приєднуються до казеїну, залежить не стільки від температури, скільки від тривалості теплового оброблення і може становити 42...68 %. Основним видом зв'язку, що сприяє утворенню комплексів білків, вважаються дисульфідні містки, однак не заперечується також участь інших видів зв'язків (гідрофобних та ін.).

Очевидно, ступінь взаємодії β -лактоглобуліну з казеїном, що обумовлена їх кількісним співвідношенням у молоці, температурою та рН оброблення, впливає на розмір казеїнових міцел. Більшість дослідників відзначають підвищення середнього розміру казеїнових міцел після теплового оброблення молока як наслідок агрегації, асоціації казеїну з денатурованим β -лактоглобуліном, так і відкладення на поверхні міцел колоїдного фосфату кальцію. Разом з тим деякі автори вказують, що в процесі теплового оброблення поряд зі збільшенням розміру казеїнових міцел відбувається значне підвищення кількості дуже дрібних часток, що свідчить про дезінтеграцію міцел. Однак при цьому переважає процес агрегації часток казеїну й підвищення в'язкості молока [1, 7...9].

Піноутворююча здатність. Білки молока мають також піноутворюючу властивість, якщо вони оброблені лужними або ферментними препаратами певних концентрацій. Цю властивість використовують у виробництві продуктів з дрібнопористою пінною структурою, наприклад морозива [9].

Емульгуюча здатність білкових речовин проявляється лише в розчинах, тому важливою характеристикою для білків є гідратація і розчинення. При цьому найважливішою функцією білків є їх здатність адсорбуватися на поверхні розділу фаз з орієнтацією гідрофобних і гідрофільних ділянок у напрямку спорідненості з зовнішнім середовищем. Ця здатність залежить від значень активної кислотності рН, іонної сили і температури. Стабілізуюча здатність емульсій вода/жир та жир/вода для білків заснована на здатності утворювати на поверхні розділу фаз міцні

адсорбційні шари, що виконують роль структурно-механічного бар'єру, який перешкоджає коалесценції жирової фази і сприяє підвищенню в'язкості дисперсійного середовища, що знижує вплив гравітаційних сил на стійкість емульсії, а також знижує ефект різних густин від складових компонентів систем [2, 3, 9].

До функціонально-технологічних властивостей білків молока відносять деякі специфічні властивості, що відіграють певну роль у здійсненні технологічних процесів під час виробництва молочних продуктів, а саме: термостійкість молока, сичужне зсідання та ін.

Термостійкість – здатність молока витримувати нагрівання за високих температур без видимої коагуляції білків. Основними показниками стійкості білкових молекул у розчині є поверхневий заряд і ступінь гідрофільності часток. Отже, фактори, що зменшують негативний заряд казеїнових міцел і ступінь їх гідратації, будуть знижувати й термостійкість молока.

До них відносять кількісні і якісні зміни хімічного складу молока, і в першу чергу, фракційних сполук казеїну, ступінь денатурації сироваткових білків, сольовий склад та рН молока. Коливання складу молока залежать від пори року, стадії лактації, породи корови, раціонів годівлі й т.ін.

Важлива роль у прояві цієї властивості належить казеїну. З нагріванням свіжого молока до 120 °С помітних змін у казеїні не відбувається. З нагріванням молока до температури вище 130 °С з деякою витримкою казеїн коагулює. Завдяки цьому свіже молоко можна піддавати і пастеризації, і стерилізації без загрози зсідання білків.

Однією з причин високої термостійкості казеїну вважають високий вміст проліну та низький – сіркомістких амінокислот (цистину та цистеїну) порівняно з сироватковими білками.

На термостійкість казеїну суттєвий вплив мають сольовий склад молока, розмір і величина заряду міцел казеїну та ступінь гідратації його часток [3, 5...8].

Термостійкість казеїну зумовлена головним чином його кислотністю та сольовим балансом; залежить вона від рівноваги між катіонами (кальцій, магній та ін.) і аніонами (цитрати, фосфати та ін.). Надлишок тих чи інших руйнує сольову рівновагу системи, що може призвести до коагулювання білків.

Сичужне зсідання – здатність молока зсідатись під дією сичужного ферменту з утворенням досить щільного згустку. На сичужне зсідання молока впливають у першу чергу вміст казеїну та іонів кальцію: чим вищий

їх вміст, тим швидше зсідається молоко й щільніший утворюється білковий згусток.

Тривалість сичужної коагуляції білків і щільність згустку залежать від концентрації іонів водню в молоці. Зі зменшенням рН молока реакція протікає швидше, щільність згустку більша.

Швидкість зсідання білків і щільність згустку залежать від вмісту казеїну в молоці: чим він більший, тим вище густина молока, швидше відбудеться коагуляція білків і згусток буде щільнішим.

Викликані тепловою обробкою зміни структури й розміру міцел казеїну впливають на швидкість одержання сичужного згустку. Після пастеризації за температури вище 80 °С і УВТ-оброблення за 135...150 °С тривалість сичужного зсідання молока збільшується в кілька разів у порівнянні із тривалістю сичужного зсідання сирого молока (стерилізоване молоко практично втрачає здатність до сичужного зсідання). Збільшення тривалості зсідання молока пояснюється (поряд зі зміною сольового складу) комплексоутворенням денатурованого β -лактоглобуліну з χ -казеїном, у результаті чого погіршується його атакуємість сичужним ферментом.

Глобули жиру не сприяють утворенню згустку гарної консистенції. Чим більша кількість великих жирових кульок в молоці, тим менша щільність згустку [1, 2, 4, 6, 7].

Слід додати, що явища коагуляції та зсідання можуть бути як бажаними, так і небажаними у виробництві та зберіганні молока та молочних продуктів. Бажані такі види коагуляції та зсідання, які цілеспрямовано викликають такі явища:

- сичужне зсідання під час сквашування молока у виробництві сиру;
- кислотне зсідання у виробництві кисломолочних напоїв;
- кислотна коагуляція для отримання казеїну-сирцю;
- кислотна коагуляція для отримання копреципітатів молочних білків.

Небажані коагуляція та зсідання, які пов'язані з погіршенням якості молочних продуктів, а саме:

- теплова коагуляція свіжого та згущеного молока;
- желювання згущеного молока під час зберігання;
- коагуляція гомогенізованих молочних продуктів після ультрапастеризації;
- коагуляція замороженого, а потім розмороженого молока.

Розпад білків у сирому молоці спричиняють нативний фермент плазмін, протеолітичні ферменти мікрофлори молока та внесеної закваски.

У процесі зберігання сирого молока профермент нативної протеази плазміноген переходить у плазмін, що викликає розпад β -казеїну з утворенням γ -казеїнів і фосфопептидів.

Ступінь і глибина розщеплення білків сирого молока мікроорганізмами залежать від багатьох чинників, головними з яких є склад і активність їх протеолітичних ферментів [1, 2, 8, 9].

Таким чином, фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості тісно пов'язані між собою, а також зі складом молока, його органолептичними показниками, харчовою цінністю і, певним чином, визначають економічну ефективність перероблення молока на ті чи інші молочні продукти.

1.4 Теоретичні основи одержання молочних білків

При виробленні різних молочних продуктів одержують супутні продукти (знежирене молоко, маслянку й сироватку). У них залишається більше 50 % ресурсів молочного білка. Тому необхідний пошук резервів їх максимального використання на харчові цілі. З різних напрямків перероблення знежиреного молока широке поширення одержало вироблення молочних білків, до яких відносяться казеїн і казеїнати, казеїн і копреципітати (казеїн із сироватковими білками) у розчинній і нерозчинній формі, а також концентрати сироваткових білків [40...42].

Відповідно до запропонованої класифікації E.Voss й D.Prokorek (Німеччина) рідкі й пастоподібні молочні білки містять вологи до 80 % і поділяються на [43]:

- продукти, що містять казеїн і сироваткові білки (копреципітат-сирець; білки, отримані зі знежиреного молока за допомогою гел'фільтрації, зворотного осмосу й ультрафільтрації);
- продукти, що містять тільки казеїн (казеїн-сирець, рідкий казеїнат);
- продукти, що містять тільки сироваткові білки (концентрати розчинних і нерозчинних сироваткових білків).

У відповідності із класифікацією молочних білків, методи їх виділення можуть бути розділені на:

- методи виділення основного білка - казеїну (кислотний, сичужний, сичужно-кислотний, ультрафільтрацією);
- сироваткових білків (термокальцієвий і термокислотний).

Крім того, застосовуються й методи комплексного виділення білків молока (спільно казеїну із сироватковими білками) термокальцієвий і термокислотний [42, 44, 45].

На сьогодні існує багато способів виділення й теплового оброблення білків молока, що лежать в основі технологічних процесів виробництва молочно-білкових продуктів.

Всі вони базуються на порушенні рівноваги й стабільності колоїдної системи молока й мають свої переваги та недоліки.

Кислотна коагуляція здійснюється в основному за рахунок молочної кислоти, що накопичується в процесі молочно-кислого бродіння або кислоти, внесеної ззовні. Сучасні уявлення про кислотну коагуляцію білків молока викладені в переліку робіт [44, 46, 47].

У казеїнових глобулах на поверхні переважають негативні електричні заряди, що пояснюється перевагою карбоксильних і гідроксильних груп над амінними групами. При внесенні молочної кислоти іони водню H^+ поступово зв'язуються електрзарядженими групами COO^- і нейтралізуються. При цьому число негативних зарядів на поверхні казеїнових глобул зменшується і, через якийсь час, досягається рівновага позитивних і негативних зарядів казеїнових часток. У результаті нейтралізації негативно заряджених угруповань у зоні активної кислотності при значенні рН 4,6...4,7 частки казеїну втрачають стійкість та агрегують. Казеїнові частки, що піддалися коагуляції, поєднуються і ущільнюються, формується просторова сітка з речовинами молока, що перебувають у ній – утворюється згусток.

У процесі кислотної коагуляції сироваткові білки не коагулюють, тому що не піддаються денатурації. Вони зберігають нативний стан і видаляються зі згустку разом із сироваткою [44, 45].

Під час гідролітичного розщеплення фосфоамідних зв'язків вивільняються групи аргініну. Збільшення кількості лужних груп призводить до зрушення ізоелектричної точки казеїну від рН 4,6...4,7 до 5,0...5,2 й утворенню параказеїну. З іншого боку, гідроксильні групи фосфорної кислоти зв'язують іони кальцію й створюють містки між частками параказеїну, що призводить до утворення сичужного згустку [42].

Сироваткові білки під дією сичужного ферменту не коагулюють і під час синерезису крізь ланцюжки казеїнового згустку видаляються разом із сироваткою.

Під час комбінованого впливу на казеїн сичужного ферменту й молочної кислоти, що має місце при сичужно-кислотній коагуляції, казеїн під час переходу в параказеїн зміщує ізоелектричну точку від рН 4,6 до 5,2. При цьому згусток утвориться швидше, ніж за кислотної коагуляції. Технологічний процес зменшується на 2...4 години.

Особливо розширилася номенклатура методів виділення білків з молока завдяки фундаментальним теоретичним дослідженням в області хімії білків, і зокрема білків молока, на основі яких були розроблені нові технології. Наприклад, усе більше поширюється метод термокальцієвого та термокислотного зсідання білків молока для одержання копреципітатів [46, 48, 49, 50, 51].

З огляду на те, що високотемпературна коагуляція забезпечує комплексне виділення майже всіх білкових речовин, які містяться в молоці, за мінімальних витрат часу, необхідно вишукувати шляхи більш широкого її застосування для одержання різних видів молочно-білкових продуктів.

Всі технологічні процеси виробництва молочного білка характеризуються спільністю етапів: 1) нагрівання сировини (знежиреного молока) до заданої температури; 2) змішування з коагулянтом (розчином хлориду кальцію або кислот) у певній пропорції; 3) витримування суміші для формування й закріплення згустку; 4) розрізування згустку 5) відділення сироватки; 6) промивання білка; 7) пресування; 8) соління; 9) фасування; 10) охолодження; 11) заморожування; 12) зберігання.

У 1962 році була створена експериментальна лінія безперервного одержання молочного харчового білка продуктивністю 5 тис. л/годину по знежиреному молоку [52].

В 1971 р. застосування харчового молочного білка для ковбасного виробництва дало значний економічний ефект. Однак виробництво й використання такого білка обмежене через низьку стійкість вологого продукту під час зберігання [53, 54].

У цей час у світі відомо два принципово відмінних один від одного напрямки в процесі виділення білків з молока. Вони були запропоновані в п'ятидесяті роки: кислотна - у США, кальцієва - у СРСР [52].

Осадження білків молока іонами кальцію вперше запропонована й теоретично обґрунтована проф. Дяченко П.Ф. в 1953 році [46, 55...57].

У промисловості багатьох країн світу одержують молочний білок способом термокальцієвої коагуляції [46, 50, 58, 59, 60, 61].

Термокальцієвий спосіб виділення білків молока здійснюється в такий спосіб: молоко (незбиране або знежирене) нагрівається до температури 90...93 °С і в нього за безперервного перемішування додають 40 %-ний розчин хлористого кальцію з розрахунку 0,15...0,2 % до загальної кількості молока, що переробляється. Після швидкого комплексного зсідання білкових речовин молока сироватка, що утворилася, зливається, а білкова маса промивається водою та підпресовується [44, 46].

Нагрівання молока з використанням хлористого кальцію як коагулянта призводить до коагуляції казеїну з одночасною коагуляцією термолабільних сироваткових білків, а потім до утворення комплексу між казеїном і сироватковими білками та їх спільного осадження.

Сутність термокальцієвої коагуляції білків молока полягає в наступному. Казеїн і сироваткові білки перебувають у молоці в колоїдно-дисперсному стані. Міцели казеїну мають властивості гідрофільного золю, що за певних умов може перейти в гель. Стабілізації казеїну сприяє електричний заряд на поверхні глобул і рівноважний стан катіонів й аніонів, що перебувають у плазмі молока. За надлишкової кількості іонів Ca^{++} відбувається їх взаємодія з OH^- групами фосфорної кислоти, що входить у молекулу казеїну. При цьому негативний заряд часток знижується й настає рівновага позитивних і негативних зарядів, за якої досягається максимальна нестійкість часток казеїну й відбувається його коагуляція. Крім того, хлористий кальцій має сильні дегідратуючі властивості і, зменшуючи гідратні оболонки навколо міцел казеїну, сприяє дестабілізації та коагуляції казеїну [45].

Недоліком способу є наявність стороннього присмаку в отриманому коагуляті білків молока, що вноситься солями кальцію, відчуття ущільненої твердої консистенції продуктів, а іноді його крупинчатості за рахунок дегідратації білкової маси, ускладнення теплового оброблення отриманого продукту (розтирання до гомогенного стану, змішування з іншими компонентами) через його ущільнену консистенцію.

Крім того, при масовому застосуванні цього способу для виділення білків молока потрібна значна кількість дефіцитного реактиву - харчового хлористого кальцію. Оскільки розчин хлористого кальцію має гіркий присмак, який після виділення білкових речовин передається й молочній сироватці, що утвориться, остання не може бути використана для харчових цілей, що також є недоліком розглянутого способу виділення білків молока.

На основі досліджень, проведених професором П.Ф.Дяченко, запропоновано процес кальцієвої коагуляції молочних білків, тобто одержання харчового молочного білка. З 1969 року розпочато впровадження даної технології у виробництво молочних білків [55, 63].

Подальші дослідження довели можливість і доцільність промислового використання запропонованого способу виділення білків.

На основі теоретичних розробок П.Ф.Дяченко та К.К.Ростроса ведуться дослідження з удосконалювання технології одержання вологого молочного

білка на основі кальцієвої коагуляції в напрямку створення безперервної лінії по виробництву білка.

Була запропонована технологія виробництва молочного білка з різним вмістом кальцію шляхом регулювання рН коагуляції й кількості розчину хлориду кальцію [53, 65].

Спосіб кальцієвої коагуляції молочних білків за високої температури знайшов свій розвиток в роботах австралійських учених. Використовуючи обладнання для потокового виробництва казеїну, вони в 1964 році запропонували промислову технологію виробництва харчового білка безперервним способом [50].

В 1952 р. у США Скоттом був запатентований спосіб термокислотної коагуляції білкового комплексу [66].

Автори Козлов В.Н., Затірка А.Ф. та інші відзначають, що термокислотний спосіб набув широкого застосування в практиці роботи підприємств молочної промисловості. При цьому одержувані коагуляти використовуються у виробництві продуктів харчування [40, 45].

Термокислотний спосіб має численні переваги перед термокальцієвим. Він також дозволяє здійснювати комплексне виділення казеїну й сироваткових білків молока, але кінцевий продукт не має відзначених раніше недоліків органолептичних показників.

Сутність способу, у якому застосовується термокислотна коагуляція білків молока зводиться до того, що швидка, майже миттєва, коагуляція білків молока досягається введенням у нього молочної кислоти, що накопичилася в заквасці молочнокислих стрептококів при молочнокислому бродінні, або міститься в молочній сироватці, одержаній під час виготовлення сиру, кислотним або сичужно-кислотним способом.

Спосіб одержання молочного білка зі знежиреного молока за допомогою молочної кислоти був детально розроблений Мюллером [67, 68]. Знежирене молоко нагрівають до 92 °С і витримують 15 хв для коагуляції сироваткових білків, потім змішують із кислотою за рН 4,3...4,35. Отриманий молочний білок містить казеїн і сироваткові білки.

Здійснюється відомий спосіб у наступній послідовності. Молоко (незбиране або нежирне) нагрівають до температури 91...95 °С (але не нижче 90 °С), вносять у нього закваску молочнокислих стрептококів або кислу сирну сироватку в кількості 25...30 %. Після коагуляції білкових речовин сироватку, що утворилася, видаляють, а білкову масу підпресовують і охолоджують. Застосування зазначеного способу виділення білкових речовин молока за ступенем ефективності не поступається способу, що описаний

раніше, але зате наближає процес до природного утворення молочно-білкового згустку, тобто до традиційного виділення білків кислотним способом, як це має місце, наприклад, під час виготовлення сиру кисломолочного [69].

Незважаючи на відзначені переваги, ущільнена консистенція молочно харчового білка ускладнює його використання для виготовлення сирних виробів, паст і кремів, консистенція яких повинна бути ніжною, без грудочок ущільненого білка та крупинчатості.

Іншими важливими аспектами, пов'язаними з удосконалюванням технології кисломолочних продуктів у напрямку більше повного використання потенціалу молока, є підвищення температури пастеризації молока.

Аналіз літературних джерел [70, 71] показав, що в сучасних технологіях виробництва сиру кисломолочного увага приділяється комплексному переробленню молока з повним використанням всіх його складових частин.

Удосконалення технологічних процесів при виробництві сиру кисломолочного поряд з казеїном забезпечує використання і сироваткових білків, що осаджені разом з казеїном. Відповідно до цього способу сироваткові білки осаджували разом з казеїном, і отриманий комплекс виділяли з молока.

Західнонімецька фірма Westfalia Separator запропонувала спосіб одержання сиру кисломолочного, що заснований на виділенні сироваткових білків за допомогою високотемпературного оброблення знежиреного молока. З метою підвищення виходу готового продукту молоко пастеризують за температури 85...90 °C з витриманням протягом 2...3 хв. Підвищення температури теплового оброблення вихідного молока викликає зміну структури сироваткових білків. При наступному зсіданні молока приблизно половина сироваткових білків осаджується одночасно з казеїном і вихід сиру збільшується на 10 %. Однак під час високотемпературного теплового оброблення молока зростає вологоутримуюча здатність отриманого молочно-білкового згустку, що ускладнює відділення сироватки [72, 73].

Більш повного використання білків молока при виробництві сиру кисломолочного можна досягти також шляхом використання кислій сироватки в якості коагулянта [73].

У світі спостерігається все більше зростання виробництва молочно білка. Провідними країнами у виробництві казеїну і його похідних є Нова

Зеландія та Австралія. Виробництво молочного білка розвивається також у Франції, Польщі, Чехії, Болгарії, Німеччині та інших країнах.

Велика увага в багатьох країнах, і особливо в Австралії та Новій Зеландії, приділяється виробництву копреципітатів [53, 74, 75].

Кілька технологій з одержання молочного білка розроблено й запатентовано в Чехії. Одна з них полягає в осадженні білків з молока за допомогою додавання до нього 0,1...0,2 % розчину хлористого кальцію за 80...100 °С з наступним відділенням сироватки й промиванням холодною водою. Потім до осаду додаються поєднувальні кальцій, цитрат натрію й калію або поліфосфатні солі в кількості 1...3 % і така ж кількість кухонної солі, після чого продукт текстурується та охолоджується. Це дозволяє підвищити ступінь використання молочних білків на 20 % у порівнянні із традиційним одержанням казеїну, а одержуваний продукт, що має значні водозв'язуючі й емульгуючі властивості, може добре змішуватися з іншими компонентами [75].

За іншою технологією молоко закислюється до значення рН 5,2...5,5, до нього додається 0,2 % розчин хлористого кальцію та нагрівається протягом 10 хв до 85...90 °С [75].

У Франції запатентовано спосіб осадження казеїну або сироваткових білків за допомогою комбінованого підкислення та нагрівання, що використовується для виробництва сиру [75].

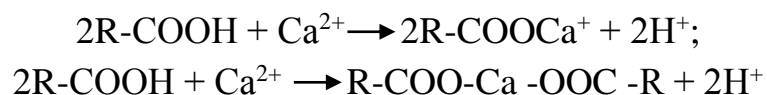
Застосування таких способів виробництва молочних білків, як зворотний осмос, ультра-, діафільтрація й електродіаліз стримується високою вартістю обладнання, недосконалістю конструкцій установок, низькими характеристиками міцності мембран, труднощами їхньої регенерації та використання фільтрату [76].

Реалізація способу виділення білків молока за допомогою полісахаридів потребує створення спеціального обладнання й стримується дефіцитом пектину [76].

Наведений аналіз способів виділення білків молока доводить, що термокислотний спосіб є одним з перспективних способів, що забезпечують комплексне виділення складових частин молока. Тому необхідно вишукувати шляхи вдосконалення способу термокислотної коагуляції з метою одержання кінцевого продукту із заданими властивостями для виготовлення виробів на його основі.

1.5 Структурно-механічні властивості молочних білків

Головними білковими компонентами казеїнових міцел є α_{S1} -, α_{S2} -, β - і χ -казеїни (рис 1.2), основними мінеральними компонентами – кальцій і фосфор. У невеликих кількостях міцели містять цитрат, магній, калій і натрій. Вуглеводна частина казеїнових міцел представлена сіаловою кислотою, галактозою й галактозаміном. Кальцій і фосфор у казеїнових міцелах утримуються у двох формах; неорганічний кальцій входить до складу колоїдного фосфату та цитрату кальцію, органічний кальцій приєднаний до фосфатних і карбоксильних груп казеїну. Іони кальцію взаємодіють із залишками фосфорної кислоти, з'єднуючись із однієї або двома її гідроксильними (OH^-) групами; крім того, вони приєднуються до карбоксильних груп (COO^-) казеїну. У іншому випадку кальцій має вільний зв'язок і може утворювати кальцієвий місток між розташованими одна проти іншої серинфосфатними групами двох молекул казеїну:



Такий кальцій відіграє певну роль під час утворення казеїнових міцел і називається *структуроутворюючим*, тому що поєднує дві молекули казеїну. Кальцієві містки сприяють агрегації колоїдних часток казеїну під час сичужної та кальцієвої коагуляції. Фосфор колоїдного фосфату кальцію, так само як і кальцій, вважають неорганічним фосфором, а фосфор, що входить до складу казеїну - органічним фосфором. З'єднувати молекули казеїну між собою на зразок кальцієвих містків (рис. 1.2) може й неорганічний фосфор у вигляді колоїдного фосфату кальцію, що поряд з іонами кальцію може приєднуватися до серинфосфатних груп молекул казеїну.

Відповідно до розрахунків Немети й Шераги гідрофобні взаємодії підсилюються за підвищення температури до 60 °С, а потім починають слабшати. За температури нижче 5 °С гідрофобні взаємодії будуть мінімальними.

Взаємодія різнойменно заряджених груп під дією електростатичних сил звичайно не має істотного значення в стабілізації білкових мономерів і полімерів. У водяних розчинах іонізовані групи оточені диполями води й взаємодія між ними ослаблена. Однак одночасне притягування багатьох іонізованих груп під час взаємодії ділянок білкових субодиниць, посиленіх гідрофобним оточенням, може створювати досить сильну електростатичну стабілізацію білків або сприяти їхньому агрегуванню.

Особливий інтерес представляють електростатичні взаємодії між фосфатними й карбоксильними групами фракцій казеїну з катіоном Ca^{2+} .

Виконуючи роль містка під час з'єднання двох фосфатних груп казеїну кальцій сприяє зниженню його негативного заряду. При цьому з'являється можливість для гідрофобної взаємодії субміцел, що сприяє їхній агрегації.

Водневі й дисульфідні зв'язки присутні в субміцелах у незначних кількостях і не впливають на стабілізацію субміцел. Тому можна зробити висновок, що головну роль у формуванні та стабілізації субміцел і міцел казеїну відіграють гідрофобні взаємодії, також певне значення мають електростатичні взаємодії [1, 2, 4, 9].

1.6 Використання сиру кисломолочного нежирного, олії та гідроколоїдів в технології нової пастоподібної закусочної продукції

В сучасних умовах виробництва молочні підприємства велику увагу приділяють розширенню асортименту продукції з низькою собівартістю і високою харчовою цінністю. При цьому відзначається зростаючий інтерес у виробників і споживачів до закусочної продукції із пластично-в'язкою пастоподібною консистенцією. Застосування сичужних сирів як білкової сировини для виготовлення даної продукції більшості харчових підприємств проблематично у плані доставки, енергоємності та досить високої собівартості. Тому у цьому сенсі особливий інтерес викликає можливість застосування молочних білків, наприклад сиру кисломолочного, яким забезпечена більша частина молочних підприємств як білкової основи в технологіях кулінарної продукції закладів ресторанного господарства. За своїми функціональними властивостями сир кисломолочний може бути використаний як основна білкова сировина в технології пластично-в'язких продуктів [77].

Кисломолочний сир – продукт, що має високу харчову і біологічну цінність, обумовлену достатньо великим вмістом білка і мінеральних речовин (кальцію, фосфору, заліза, магнію та ін.), необхідний в щоденному раціоні кожної людини. Для збільшення виходу кисломолочного сиру на ~8 % в сучасних технологіях ефективно застосовуються закваски прямого внесення (DVS–культур) і молокозсідального ферменту СНУ–МАХ. Склад даного ферменту характеризується 100 %-ним вмістом хімозину, як активного ферменту, який має направлену розщеплюючу дію на χ –казеїн, що обумовлює отримання якісного згустку з виділенням прозорої зеленуватої сироватки без наявності білка.

Під час виробництва сиру кисломолочного коагуляція білків (з руйнуванням колоїдної системи молока) відбувається зі зниженням

негативного заряду казеїну і переходом його в ізоелектричний стан додаванням, окремо або в комплексі, кислот (кислотна коагуляція), сичужного ферменту (сичужна коагуляція), додаванням хлориду кальцію (кальцієва коагуляція).

Сутність процесу сичужної коагуляції молока до цього часу повністю не з'ясована. Відомо лише, що процес коагуляції білка відбувається поетапно. Основний білок молока – казеїн – складається з кількох фракцій, з яких лише одна – χ -казеїн – гідролізується хімозином. Гідролізу піддаються одночасно численні пептидні зв'язки, і χ -казеїн розщеплюється як у розчинній, так і у нерозчинній фракціях. Як продукт гідролізу ідентифікований глікопротеїд з вмістом вуглеводів до 28 %. Нерозчинну фракцію, яка утворюється внаслідок гідролізу χ -казеїну хімозином, називають пара- χ -казеїном. Неглибокий гідроліз χ -казеїну хімозином призводить до втрати його захисної колоїдної дії в молоці, наслідком чого є осаджування інших компонентів казеїну іонами Ca^{2+} .

На *першому етапі* протеаза атакує гідрофільну частину пептидного ланцюга χ -казеїну та відщеплює гідрофільний макропептид, що швидко розчиняється у сироватці. Цей процес супроводжується підвищенням гідрофобності утвореного пара- χ -казеїну. При перетворенні казеїну на параказеїн на момент зсідання молока не відбувається глибоких хімічних змін у молекулах казеїну. Молекулярна маса параказеїну та казеїну на початку процесу коагуляції практично однакова. Колоїдні властивості казеїну при перетворенні на параказеїн також істотно не змінюються.

На *другому етапі* процесу коагуляції білка параказеїн осаджується (флокулює) за наявності іонів кальцію та утворює коагулят, який захоплює у свою сітку всі складові компоненти молока й поступово ущільнюється. Подібний ефект самочинного ущільнення білкового згустку називають *синерезисом*. Його наслідком є відділення сироватки. Швидкість синерезису можна збільшити за рахунок збільшення поверхні згустку. Цього досягають розрізуванням згустку на зерна кубічної форми та відварюванням зерна.

Хімізм дії сичужного ферменту на казеїн полягає у гідролізі його фосфоамідного зв'язку (P–N) без відщеплення фосфатної кислоти. Водночас звільняються лужні гуанідинові та фосфорні групи, внаслідок чого ізоелектрична точка казеїну зміщується з рН 4,6 до рН 5,0...5,2, характерного для параказеїну. В результаті дії сичужного ферменту з'являються функціональні групи (–ОН), які й зв'язують іони кальцію, утворюючи «кальцієві містки» між молекулами параказеїну. За рахунок подібного агрегування часточок параказеїну й утворюється білковий гель.

Отже, без наявності у системі іонів кальцію агрегування часточок параказеїну здійснюватися не може.

Якщо ж відбувається кислотне зсідання молока, то казеїн виділяється у чистому вигляді без кальцієвих солей при кислотності до 60...70 °Т і концентрації водневих іонів, що забезпечують активну кислотність, близьку до ізоелектричної точки (рН 4,7). При сичужному зсіданні титрована кислотність має становити 18...23 °Т, а концентрація водневих іонів – рН 6,2. За цих умов казеїн зсідається разом з кальцієвими солями та утворює щільний згусток, з якого й формують сир. Отже, згустки, одержані внаслідок кислотного та сичужного зсідання молока, істотно відрізняються один від одного.

Під дією сичужного ферменту молоко зсідається не відразу, а впродовж певного часу. При зсіданні молоко переходить з рідкого стану в структурований. Під уворенням сітки міцелярних ланцюгів, або коагуляцією, розуміють попередню дестабілізацію міцел казеїну (флокуляцію, без обов'язкової видимої появи флокул) та злипання флокульованих міцел (агломерацію). Реологічні характеристики згустку залежать від природи та кількості міжміцелярних зв'язків та пов'язані зі швидкістю коагуляції. Молоко зсідається за два етапи: перший – ензимний, або кислотний, а другий – фізико-хімічний. На зсідання білка температура більше впливає на другому етапі. При змішаній коагуляції одночасно відбуваються два основних процеси – кислотний та ензимний, внаслідок чого проходить і кислотна, і сичужна коагуляція. При кислотній коагуляції казеїн коагулює при рН 4,6...4,7, а при ензимно-кислотній ізоелектрична точка зміщується до рН 5,2. У процесі змішаної коагуляції в утворенні структури згустку беруть участь і кальцієві містки, які утворюються між часточками параказеїну. Тому вихід сиру при застосуванні сичужно-кислотної коагуляції вищий, ніж вихід сиру, який одержують у результаті тільки кислотної коагуляції. Змішану сичужно-кислотну коагуляцію застосовують при виробництві кисломолочного сиру, м'яких сирів та сирів, що визрівають під впливом розвитку плісняви.

Фаза коагуляції, деталі якої і дотепер залишаються недостатньо вивченими, являє собою біохімічну реакцію, що призводить до агрегування міцел. При цьому мова може йти про гідрофобні зв'язки між залишками пара- χ -казеїнів, про сольові містки (кальцій і фосфат кальцію) між α_{s1} , α_{s2} і β -казеїнами, можливо, про дисульфідні містки між пара- χ -казеїнами та ін. Міцелярний пара- χ -казеїн має виражений гідрофобний характер, тобто в результаті бімолекулярної реакції гідрофільна в цілому вихідна міцела здобуває гідрофобні ділянки, у результаті чого з'являється поверхня розділу фаз та відповідно збільшується і вільна (надлишкова) міжфазна енергія, що,

як впливає з принципу Гібса-Гельмгольца, у дисперсних системах прагне мимовільно зменшитися.

Цей процес призводить до зниження ентропії системи в результаті збільшення частки упорядкованих елементів у структурі навколишньої води (гідрофобні взаємодії між молекулами пара- χ -казеїну і молекулами води супроводжуються збільшенням ентропії і переходом системи в більш вигідний енергетичний стан). Також енергетично вигідним для системи є об'єднання міцел у єдину, компактну структуру, що забезпечує найменший контакт гідрофобних областей з водою. У свою чергу, контакти між однаковими гідрофобними областями також призводять до зменшення вільної енергії системи.

Необхідно зазначити, що хімічний склад сиру кисломолочного змінюється в залежності від його жирності (табл. 1.3). Нежирний сир кисломолочний має вміст білків на $\sim 6 \pm 2$ % більше, ніж жирний.

Таблиця 1.3 - Хімічний склад кисломолочного сиру

Кисломолочний сир	Вміст, %				
	жиру	вологи	білків	лактози	золи
Жирний	18 \pm 1	65 \pm 2	14...16	1,9...2,1	1,5...2,0
Напівжирний	9 \pm 1	73 \pm 2	14...17	2,0...2,5	1,7...1,5
Нежирний	–	80 \pm 2	18...22	1,5...2,0	1,3...1,6

За вмістом вільних амінокислот (табл. 1.4) [4] сир кисломолочний, отриманий безперервним способом на основі коагуляції білків у потоці, дещо поступається отриманому періодичним способом однак має кращу вологоутримуючу здатність.

Очевидно, розходження у вмісті вільних амінокислот у сирі досліджуваних видів обумовлене тим, що під час виробництва традиційного сиру закваска діє в кращих умовах і більш тривалий час, ніж при виробництві сиру кисломолочного в коагуляторі. Однак, вміст вільних амінокислот у сирі, виробленому безперервним методом за коагуляції білків у потоці, можна підвищити, підбираючи відповідну кількість бактеріальної закваски.

Дані табл. 1.4 свідчать також про високу біологічну цінність сиру, що обумовлена вмістом у ньому всіх есенціальних амінокислот (лізіна, триптофана, треоніна, валіна, метіоніна, ізолейцина, лейцина, фенілаланіна).

Характеризуючи хімічний склад сиру, варто прийняти до уваги його високу калорійність: 1 кг жирного сиру складає 2330...2530 ккал, 1 кг нежирного — 750...860 ккал, 1 кг яловичини складає близько 1350 ккал, 1 кг

риби — близько 460 ккал.

У сирі кисломолочному, отриманому безперервним способом, у середньому міститься ~124,2 мг% Са, періодичним способом ~ 117,5 мг%, а фосфору відповідно ~90,3 і ~77,0 мг%.

Таблиця 1.4 – Амінокислотний склад білків сиру кисломолочного

Амінокислота	Вміст у сирі кисломолочному, виготовленому			
	періодичним способом, мг в 100 г		безперервним способом, мг в 100 г	
	продукту	сухих речовин	продукту	сухих речовин
1	2	3	5	6
Лізин	3,02	9,21	2,45	7,29
Гістидін	0,14	0,42	0,12	0,37
Аргінін	0,18	0,54	0,15	0,46
Аспарагінова кислота	1,09	3,33	0,73	2,16
Треонін	0,53	1,61	0,26	0,78
Серин	0,68	2,07	0,27	0,82
Глутамінова кислота	6,42	19,57	3,46	10,31
Пролін	2,73	8,31	1,54	4,58
Гліцин	1,22	3,73	0,72	2,16
Аланін	0,44	1,35	0,32	0,94
Валін	0,36	1,08	0,22	0,64
Метионін	0,35	1,05	0,20	0,60
Ізолейцин	0,49	1,49	0,13	0,38
Лейцин	0,23	0,69	0,14	0,42
Тирозин	0,88	2,69	0,53	1,59
Фенілаланін	0,48	1,47	0,33	0,97
Всього	19,23	58,61	11,57	34,47

Кисломолочний сир, отриманий на основі коагуляції білків молока безперервним способом в потоці, має вологоутримуючу здатність на 6...8 % більше, ніж отриманий періодичним способом, вірогідно в результаті часткової денатурації сироваткових білків під час пастеризації молока, яка на 8...10 °С вище ніж під час виробництва періодичним способом (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 - Залежність вологоутримуючої здатності молочного білка сиру кисломолочного від температури пастеризації

Спосіб отримання сиру кисломолочного	Температура пастеризації молока, °С	Вологоутримуюча здатність білка, %
Періодичний	76...82	46...48
Безперервний	86...90	52...56

У процесі високотемпературного оброблення молока відбувається взаємодія денатурованого β -лактоглобуліна з казеїновими міцелами. Сироваткові білки молока мають більшу гідрофільність в порівнянні з казеїном, у результаті чого підвищується його вологоутримуюча здатність і термостійкість. У свою чергу гідрофільні властивості казеїну впливають на здатність кислотного і кислотно-сичужного згустку утримувати і виділяти вологу. Зміну гідрофільних властивостей казеїну необхідно враховувати під час вибору режиму пастеризації в процесі виробництва кисломолочних продуктів, зокрема кисломолочного сиру.

Кисломолочний сир має тиксотропну структуру коагуляційного типу (здатну відновлюватись після механічного руйнування). Між білковими частками розташовані рідинні прошарки, які зменшують міцність структури але, разом з тим, надають їй пластичність та еластичність. Правильно підібраний штаммовий склад заквасочних культур дозволяє регулювати активну кислотність згустку і утримувати величину рН в діапазоні 4,5...4,8, що важливо для отримання щільного згустку та формування смаку продукту.

В промислових умовах отримують сир кисломолочний зі стандартним вмістом жиру, сухих речовин та вмістом вологи. Але в різних промислових партіях такого кисломолочного сиру буде різна величина співвідношення масової частки жиру до масової частки сухого залишку (СЗМЗ), а також величина співвідношення масової частки вологи до масової частки СЗМЗ. Тому при застосуванні сиру кисломолочного в рецептурному складі паст закусочних, як білкової основи, варто контролювати вищезгадані параметри.

Кисломолочний сир нежирний – вихідний продукт для одержання пастоподібних продуктів, можна розглядати як концентровану суспензію часток казеїну в розчині білків, солей та інших гідрофільних речовин. Як вихідна сировина, в промисловому виробництві кисломолочний сир є незначною складовою часткою білкової основи пастоподібної продукції. Свіжий нежирний кисломолочний сир формує характерний смак плавленого сиру, збільшує в ньому вміст білка, покращує консистенцію і підвищує активну кислотність. За традиційними технологіями плавлених сирів кисломолочний сир в рецептурну суміш вноситься в межах ~15...20 % до загальної кількості рецептурних компонентів.

Однак, в розглянутих літературних джерелах майже відсутня інформація про використання сиру кисломолочного як основної білкової сировини при виробленні пастоподібної закусочної продукції. Тобто, в умовах дефіциту молочної сировини напрямок розроблення технологій паст з

використанням сиру кисломолочного, як основної білкової сировини на наш погляд є перспективним [77].

На світовому ринку виробництва рослинних жирів та олій щодо стабільного зростання попиту на ці продукти ситуація розвивається цілком сприятливо [116]. На сьогоднішній день до 80% вироблених рослинних жирів і олій йде на виробництво харчових продуктів, головним чином це різні маргарини, харчові жири та олії. У промислово розвинутих країнах (США, Канада, країни Європейського Союзу) відзначається високий рівень забезпечення населення харчовими жирами та оліями (більше 40 кг у розрахунку на душу населення). Для Росії та України даний показник нижче середньостатистичного рівня у світі і складає 13,7 кг.

В останні роки були виконані фундаментальні розробки [51...53, 117, 118], що змінили погляди на здорове харчування. Роль жирів в організмі людини дуже значна – це найважливіший будівельний матеріал для клітинних мембран. У той же час жоден із природних жирів не є ідеальним за своїм жирнокислотним складом і властивостями. У зв'язку з цим існує реальна потреба і необхідність створення функціональних харчових продуктів із заданим раціональним поєднанням жирних кислот.

Провідні фахівці в області харчування вважають, що в раціоні нашого населення рослинні олії, що є основним джерелом есенціальних жирних кислот - лінолевої, ліноленової й арахідонової, присутні в недостатній кількості [2, 16, 40, 60, 61, 65, 116, 119].

В розвитку сучасних технологій харчової промисловості все більшого поширення одержує напрямок по заміні в продуктах молочного жиру рослинними оліями, що в першу чергу викликаний необхідністю регулювання жирнокислотного складу [73, 10, 47, 60].

З'явилися нові види сирів з різними наповнювачами рослинного і тваринного походження що дозволяють підвищити харчову цінність продукту і раціонально використовувати високоякісний молочний білок та рослинну олію [10, 12, 47, 60, 65, 73].

З метою збільшення обсягів виробництва і зниження собівартості розробляються технології плавлених сирів, у складі яких молочний жир частково замінений рафінованими оліями [8, 10, 13, 63, 64, 73, 75].

Опираючись на сучасні тенденції щодо зниження вмісту жиру і холестерину в харчуванні людини, одним з важливих напрямків при розробці технології є використання рослинних олій з питомою часткою в межах 20...35% в рецептурі закусочної продукції [10, 47, 51...53]. Питанням вивчення можливості їх застосування у технології закусочної продукції присвячені численні дослідження вітчизняних і закордонних учених [3, 8, 33, 41, 42, 61, 65, 115].

З огляду на важливу роль порушень усіх видів обмінних процесів (ліпідного, вуглеводного і сольового) в організмі, велика увага в дієтотерапії приділяється поліненасиченим жирним кислотам [117]. Жирні кислоти з великим числом атомів вуглецю і подвійних зв'язків є початковим будівельним матеріалом для клітинних мембран і для біосинтезу речовин-посередників, що регулюють обмінні процеси (простагландинів і лейкотриєнів). Мембрани, у свою чергу, упорядковують процеси обміну речовин і енергії в організмі [117, 120].

В рафінованій дезодорованій соняшниковій олії за вмістом переважають поліненасичені жирні кислоти (табл.1.4) лінолева($C_{18:2}$) та ліноленова($C_{18:3}$), які відносяться до групи есенціальних кислот, тому що не синтезуються в організмі, а надходять до нього тільки з їжею, в основному з рослинними оліями [2... 4, 117].

Крім того в оліях міститься олеїнова($C_{18:1}$) кислота, якій приписується дія біотину, що відноситься до вітамінів групи В. Біотин сприяє перетворенню лінолевої кислоти у фізіологічно активну арахідонову кислоту, що не міститься в рослинних оліях. Разом з арахідоновою кислотою лінолева і ліноленова кислоти утворюють комплекс, що прийнято називати «вітаміном F». Прийом з їжею вітаміну F (комплекс жирних кислот) підвищує стійкість людського організму до дії активних випромінювань, придушує розвиток кислотостійких бактерій, прискорює лікування дерматитів. Утворюючи

складні ефіри з холестериним, вітамін F сприяє окислюванню останнього молекулярним киснем. При цьому утворюються низькомолекулярні продукти, що легко виводяться з організму [6].

Широко використовувані в харчуванні соняшникова і кукурудзяна олії містять у своєму складі значну кількість лінолевої кислоти (табл. 1.4). Соева олія, яка також часто використовується, містить поряд з жирними кислотами сімейства ω -6, жирні кислоти сімейства ω -3 (до 15 % ліноленової кислоти) [2...4, 117].

Таблиця 1.4

Жирно-кислотний склад основних видів рослинних олій

Найменування жирних кислот	Масова частка, г в 100 г		
	соняшникова	кукурудзяна	соева
1	2	3	4
Жирні кислоти (сума)	94,90	94,90	94,90
Насичені,	11,30	13,30	13,90
в тому числі: C _{12:0} (лауринова)	0	0	0
C _{14:0} (міристинова)	0	0	Сл.
C _{16:0} (пальмітинова)	6,20	11,10	10,30
C _{18:0} (стеаринова)	4,10	2,20	3,50
C _{20:0} (арахінова)	0,30	0	0
C _{22:0} (бегенова)	0,70	0	Сл.
1	2	3	4
Мононенасичені:	23,80	24,00	19,80
в тому числі: C _{16:0} (пальмітинова)	Сл.	0	0
C _{18:1} (олеїнова)	23,70	24,00	19,80
C _{20:1} (гадолеїнова)	Сліди	0	0
Поліненасичені:	59,80	57,60	61,20
в тому числі: C _{18:2} (лінолева)	59,80	57,00	50,90
C _{18:3} (ліноленова)	0	0,60	10,30

Всі рослинні олії завдяки своєму вмісту жирних кислот, відсутності холестерину мають здатність знижувати ризик виникнення серцево-судинних захворювань. Ступінь їхнього впливу на організм залежить від співвідношення жирних кислот у тій чи іншій олії. Крім того важлива роль в харчуванні відведена токоферолам, фітостеринам, каротиноїдам, що також є присутніми в оліях [2...4, 6, 120].

Отже, вміст лінолевої кислоти – головного представника сімейства ω -6 і ліноленової – основного представника сімейства ω -3 та їхнє співвідношення

а також вміст фосфоліпідів, що мають здатність знижувати вміст холестерину в крові, беруть участь у бар'єрній, транспортній і рецепторній функціях, входять до складу біологічних мембран, визначають біологічну значимість рослинних олій [40, 116, 117].

Відомо, що під час вироблення плавлених сирів за традиційними технологіями жир є потужним пластифікатором і збільшення його вмісту дещо знижує їхні пружні властивості. Однак ефект пластифікації проявляється краще в системах з рослинною олією, що пояснюється різним фізико-хімічним та жирно-кислотним складом. У дослідженнях [26, 27, 118, 123] встановлено, що застосування рафінованої і дезодорованої олії у складі плавлених сирів також змінює їх реологічні властивості. Сприяє утворенню грузлої, нещільної, слабкозв'язаної консистенції [49]. Крім того за рахунок збільшеної кількості вологи в рецептурі консистенція може бути недостатньо щільною і зв'язною занадто текучою [33, 70] і потребує введення до рецептури стабілізаторів.

Однак, варто підкреслити, що використання рослинних олій під час виробництва закусочної продукції може мати деякі обмеження. Це обумовлено тим, що вони недостатньо ефективно сполучаються з окремими рецептурними інгредієнтами, а обмежена кількість чи відсутність насичених жирних кислот у низці випадків не забезпечує необхідної консистенції готового продукту і потребує введення до рецептури стабілізаційних компонентів. Крім того, в закусочній продукції з використанням молочних продуктів жир є «носієм» смаку, надає стабільність структурі, створює відчуття вершкового смаку, «гладкості» консистенції при вживанні продукту. Зниження вмісту жиру в рецептурі різко погіршує органолептичні показники готової продукції [47, 60, 67, 69].

Технологічні принципи підвищення стабільності кулінарної продукції за допомогою використання різних функціонально-технологічних інгредієнтів реалізовані під час виробництва закусочної продукції з дралеподібною структурою. Так, структура даної продукції та її стабільність у часі забезпечується введенням у рецептуру різних за природою структуроутворювачів (білкової природи – желатину, білків молока, яєць, борошна та

ін. [5, 124...126], полісахаридної природи – крохмалю, пектину, карагінану, сульфатованих полісахаридів – агару, агароїду, фурцеларану та ін. [4, 5, 79, 127...129], а також забезпечується рушійною силою технологічного впливу: нагріванням рецептурних сумішей, у яких білкова складова здатна до коагуляції за концентрацій, що забезпечують утворення драглю (флаволи, суфле, соуси, пасти та ін.); охолодженням попередньо нагрітих рецептурних сумішей, до складу яких входять термотропні структуроутворювачі – желатин, сульфатовані полісахариди, крохмаль та ін. [4, 5, 79, 87, 125...131].

Гідроколоїди: агар, агароїд, фурцеларан, карагінан, що використовуються в ролі структуроутворюючої компоненти в системах харчових продуктів для поліпшення і стабілізації структурних характеристик, одержання більш щільної еластичної консистенції виконують наступні функції: регулюють процес в'язкості; контролюють синерезис; підтримують відповідну текстуру; регулюють і стабілізують консистенцію кінцевого продукту [4, 125...127, 129, 131...134,].

Агар-агар – це суміш полісахаридів агарози й агаропектину. Агароза (вміст 50...80 %) – лінійний полісахарид, побудований із залишків, β -D-галактопіранози і 3,6-ангідро- α -L-галактопіранози, що строго чергуються, зв'язаних поперемінно (1,4)- β -зв'язками та (1, 3)- α -зв'язками. Його одержують з морських червоних водоростей роду *Gracilaria*, *Gelidium*, *Ahnfeltia*, що виростають у Білому морі та Тихому океані. Гелетворна здатність агару в 10 разів вище, ніж у желатини. Гелі стабільні при активній кислотності вище рН 4,5 і термозворотні. Агар використовують у виробництві кондитерських виробів (желейний мармелад, пастила, зефір), молочних, м'ясних і рибних драглів, різних желе і пудингів, а також для освітлення соків. У складі морозива агар-агар запобігає утворенню кристалів льоду [4, 87, 132].

Агар і подібні йому фітоколоїди мають деякі загальні хімічні і фізико-хімічні властивості. Усі вони є високомолекулярними природними полімерами з вуглеводною полісахаридною основою. Разом з тим вони відносяться до поліелектролітів чи високомолекулярних електролітів, кожна молекула яких має велику кількість іоногенних груп, часто з високою щільністю зарядів і

великою електростатичною взаємодією однойменних заряджених груп [4, 5, 87]. Властивості електролітів обумовлені головним чином присутністю сіркомістких груп, що зв'язані з катіонами. Характерною рисою багряних водоростей є їхня здатність накопичувати значну кількість сульфатів полісахаридів. Вони створюють і стабілізують потрібну консистенцію продукту, утворюють гель – структуровану колоїдну систему з рідким дисперсійним середовищем. Каркас являє собою поперечно зшиті полімерні ланцюги гелеутворювача [124, 125, 131, 202, 204].

Фурцеларан – це полісахарид, що екстрагується з червоних морських водоростей *Furcellaria fastigiata*, за своїми властивостями займає проміжне положення між агаром та карагінанами. Застосовується в молочних пудингах, фруктових начинках для пирогів, желеподібних м'ясних продуктах.

Агароїд одержують з водоростей філофори, що ростуть у Чорному морі. Гелетворна здатність цієї добавки в два рази нижча, ніж в агару [202, 212].

Карагінани поєднують сімейство полісахаридів, що містяться поряд з агаром і фурцелараном у червоних морських водоростях. За хімічною природою карагінани близькі до агароїдів і являють собою нерозгалужені сульфатовані гетероглікани, молекули яких побудовані з залишків похідних D-галактопіранози із суворим чергуванням повторюваних дисахаридних ланок, що включають залишки β -D-галактопіранози і 3,6-ангідро- α -D-галактопіранози. У залежності від особливостей будови дисахаридних повторюваних ланок, розрізняють три основних типи карагінанів, для позначення яких використовують букви грецького алфавіту: χ -капа, ι -йота і λ -ламбда. λ -Карагінан – 3 сульфати на 2 галактози (не утворює гелю–загущувач), розчинний при кімнатній температурі. ι -Карагінан – 2 сульфати на 2 галактози (утворює слабкий гель), частково розчинний за кімнатної температури. χ -Карагінан – 1 сульфат на 2 галактози (утворює сильний гель) розчинний тільки під час нагрівання. Розчини гелеутворюючих карагінанів стають твердими й утворюють гелі за температури нижче 49...55⁰C. Вони стійкі за кімнатної температури, але можуть бути знову розплавлені під час нагрівання до температури, що перевищує температуру гелеутворення на 5...10⁰C. При

охолодженні такого розплаву знову утворюється гель [202, 204, 212].

Отже, важливо підкреслити, що під час виробництва закусочної продукції з використанням сиру кисломолочного нежирного та додаванням рафінованої дезодорованої олії, для забезпечення потрібної текстури необхідно застосовувати спеціальні функціональні речовини – структуроутворювачі. Гідроколоїди різної природи, що отримали широке застосування в технології емульсійних продуктів, дозволяють зробити технологічний процес харчових емульсій досить гнучким. Однак їхнє застосування не повинно впливати на зменшення в рецептурі кількості основного емульгатора – білка, щоб не знизити харчову та біологічну цінність готової продукції [4, 22, 49, 87, 130].

Література до розділу 1

1. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К.К. Горбатова. – 3-е изд., перер. – СПб : ГИОРД, 2001. – 320 с.
2. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К.К. Горбатова. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 344 с.
3. Степанова, Л.И. Справочник технолога молочного производства [Текст] В 3 т. Т.1. Цельномолочные продукты. – СПб : ГИОРД, 1999. – 384 с.
4. Технология молока и молочных продуктов [Текст] / Г.В. Твердохлеб [и др.]. – М. : ВО Агропромиздат, 1991. – 463 с.
5. Кученев, П.В. Молоко и молочные продукты [Текст] / П.В. Кученев. – М. : Россельхозиздат, 1985. – 81с.
6. Машкін, М.І. Молоко і молочні продукти [Текст] / М.І. Машкін. – К. : Урожай, 1996. – 336 с.
7. Шалыгина, А.М. Общая технология молока и молочных продуктов [Текст]: учебное пособие для студентов высш. учеб. Заведений / А. Шалыгина, Л. Калинина. – М. : КолосС, 2004. – 198 с.
8. Горбатова, К.К. Химия и физика белков молока [Текст] / К.К. Горбатова. – М. : Колос, 1993. – 192 с.
9. Пивоваров, П.П. Теоретична технологія продукції громадського харчування [Текст] : навч. посібник. Частина 1. Білки в технології продукції громадського харчування / П.П. Пивоваров. – Харків : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.
10. Камышан, В. М. Влияние технологических режимов рафинации масел на их качество, антиоксидантную стабильность и сроки хранения

[Текст] / В. М. Камышан, А. В. Тырсина [и др.] // Масложировая пром-сть. – 2005. – № 2. – С. 24–25.

11. Камышан, Е. М. Адсорбционная очистка растительных масел [Текст] / Е. М. Камышан, А. В. Тырсина [и др.] // Масложировая пром-сть. – 2004. – № 1. – С. 14 – 16.

12. Orthofer, Frank. Emulsifiers and their role in low-fat and igr [Text] / Frank Orthofer, Don McCaskill. – 1994. – 111, 9. – С. 561 – 562.

13. O. Sullivan, A. C. Whey protein denaturation [Text] / O. Sullivan A. C. – J. Society Dairy Techn. – 1971. – Vol. 24. – P. 45.

14. ДСТУ 1434-92. Сыры плавленные. Украинский ассортимент. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.93. – К. : Изд-во стандартов, 1992. – 15 с.

15. Денисова, Е. А. Ароматизаторы в производстве плавленых сыров [Текст] / Е. А. Денисова // Сыроделие маслоделие. – 2004. – № 4. – С. 17–18.

16. Ed. Charalambous, Gerge. Food emulsifiers: chemistry, technology, functional properties and applications [Text] / Ed. Charalambous Gerge, Doxastakis George. – Amsterdam, 1989. – Vol. 19, 20. – 549 p.

17. Лобова, Т.В. Повышение биологической ценности плавленых сыров [Текст] / Т.В. Лобова // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 2. – С. 30.

18. Lee, B. Stud biochemique de la fonte des fromages sur in systeme model [Text] / B. Lee. – Cong. Inter Lait. – 1987. – P. 133.

19. Чагаровский, А. П. Новые виды плавленых сыров повышенной биологической ценности [Текст] / А. П. Чагаровский, И. А. Гришин [и др.] // Тезисы докладов второй Всесоюзной конференции Проблемы индустриализации общественного питания страны. – Х. : 1989. – С. 227–278.

20. Нечаев, А. П. Пищевые добавки: понятие, аспекты современного использования в пищевых технологиях, проблемы, тенденции развития [Текст] / А. П. Нечаев // Пищевая пром-сть. – 1998. – № 6. – С. 12–15.

21. Асафов, В.А. Перспективы использования растительного сырья в производстве молочных продуктов [Текст] / В. А. Асафов, О.Г. Фоломеева // Сыроделие и маслоделие. – 2001. – № 1. – С. 37–38.

22. Клавер, Франк. Эмульгаторы в пищевой промышленности [Текст] // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки / Франк Клавер. – 2000. – № 9. – С. 34–35.

23. ГОСТ 30004.2. Майонезы. Правила приемки и методы испытаний [Текст]. – Введ. 01.01.96. – К. : Госстандарт Украины, 1995. – 18 с.

24. Жариков, А. И. Краткие курсы по основам современных технологий переработки мяса, организованные фирмой «Протеин Технолоджиз Интернешнл» США. Курс 1 Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты [Текст] / А. И. Жариков. – М. : 1994. – 154 с.

25. Мостовая, Л. Н. Технология десертной продукции эмульсионного типа с использованием стабилизационных систем на основе крахмала [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Мостовая Людмила Николаевна. – Харьков, 2001. – 304 с.
26. Патент № 31699 А Україна, МКИ, А 23 L 1/24. Спосіб отримання соусів емульсійного типу [Текст] / Пивоваров П. П., Гринченко О. О., Большакова В. А., Ванецян С. Р., Мостова Л. М. ; заявник та патентовласник ХДУХТ. – № 98105571; заявл. 23.10.98; опубл. 5.12. 2000, Бюл. № 7. – П – 2 с.
27. Гринченко, О. А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции на основе полуфабрикатов функциональных композиций [Текст] : дис. ... д-ра. техн. наук / Гринченко Ольга Алексеевна. – Харьков, 2005. – 386 с.
28. Дьяченко, П.Ф. Технология молока и молочных продуктов [Текст] / П.Ф. Дьяченко. – М. : Пищ.пром-сть. – 1974. – 447 с.
29. Избаш, Е.А. Степень использования белков молока при коагуляции разными способами [Текст] // Обзор.инф. Исследование процессов коагуляции в мол. пром-ти ММПЦНИИТЭИмясомолпром. – М. ,1973. – С.35-37.
30. Материалы XXI Межлунар. молочного конгресса. Т.2. – М. : Агропромиздат, 1985. – 326 с.
31. Gavel , J. Influence of conditions for pasteurization of milk and coagulation of proteins on the efficiency and quality of protein preparation [Text] / Gavel, J., Zmaricki S. Lanicki A., Fersho E. and Lasecka E. // Brief communications to the XXI Int. Dairy congress. – Moskow, 1982. – v.1., book 2. – p. 73.
32. Инихов, Г.С. Методы анализа молока и молочных продуктов [Текст] / Г. Инихов, Н. Брио. – М. : Пищ.пром-сть, 1971. – 423 с.
33. Ростроса, Н.К. Справочник по цельномолочному производству [Текст] / Н.К. Ростроса. – М. : Пищ. пром-сть, 1976. – 344 с.
34. Алексеева, Н.Ю. Состав и свойства молока как сырья для молочной промышленности [Текст] : справочник / Н.Ю. Алексеева. – М. : Агропромиздат, 1986. – 239 с.
35. Вессер, Р. Технология получения и переработки молока [Текст] / Р. Вессер. – М. : Колос,1971.
36. Darling, D.F. Heat stability of milk [Text] / D.F. Darling // Dairy Res.-1980. – v. 47. – N2. – P.199-210.
37. Renner, E. Chemical and physico-chemical aspects. New monograph on UHT-milk [Text] / E. Renner // Bulletin IDF. – 1981. – Doc. 133. – P. 49-64.
38. Алексеева, Н.Ю. Современные достижения в области белков молока [Текст] / Н.Ю. Алексеева, Ю.В. Павлова, Н.И. Шишкин / Агро НИИТЭИмясомолпром. – М. , 1988. – 31с.
39. Pierre, A. Mineral and protein equilibria between the colloidal and

soluble phases of milk of how temperature [Text] / A. Pierre, G. Brule // J. Dairy Res. – 1981. – v. 48. – N3. – P. 417-423.

40. ОСТ 49.108-76. Белок молочный пищевой [Текст]. – М. : Минмясомолпром СССР. – 1976.

41. Павлов, В.А. Рациональные направления в производстве МБК ЦНИИТЭИМП [Текст] / В. Павлов, Ч. Дубровин. – М., 1985. – 42 с.

42. Технология цельномолочных продуктов и молочно-белковых концентратов [Текст] / Е.А. Богданова [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1989. – 311 с.

43. Rahn, O. Physik der Milchwirtschaft [Text] / O. Rahn, P. Sharp. – Parey, Berlin, 1928.

44. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К.К. Горбатова. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 344 с.

45. Козлов, В.Н. Технология молочно-белковых продуктов [Текст] / В. Козлов, А. Затирка. – К : Урожай, 1988. – 168 с.

46. Дьяченко, П.Ф. Исследование белков молока [Текст] / П.Ф. Дьяченко // Тр. ВНИМИ. – М. : Пищ. пром-сть. – С.73.

47. Тепел, А. Химия и физика молока [Текст] / А. Тепел. – М. : Пищ. пром., 1979. – 623 с.

48. Ростроса, Н.К. Технология молока и молочных продуктов [Текст] / Н.К. Ростроса. – М. : Пищ пром-ость, 1980.

49. Mullr, L.L. CO-precipitates an aid to new food uses of milk proteins [Text] / L.L. Mullr // The Milk Industri. – 1971. – v. 68. – N1. – P. 26-28.

50. Buchanan, R.A. The manufacture of "calcium coprecipitate" [Text] / R.A. Buchanan, N.S. Show, I.E. Hayes // Aust. J. of D. Techn. – 1965. – N9. – P. 139-142.

51. Smith, G.M. The production and utilization of milk proteins [Text] / G.M. Smith // Milk Ind. – 1975. – V.76. – N2. – P.25.

52. Получение и использование белков молока [Текст] : сборник / Под ред. Э.Р. Ставровой. – Минск : Наука и техника, 1973. – 170 с.

53. Липатов, Н.Н. Направления и достижения научных исследований в области молочной промышленности [Текст] / Н.Н. Липатов, Н.А. Горностайская // Обзор. инф. по материалам XIX междунар. конгресса по мол. делу ЦНИИТЭИмясомолпром СССР. – 1976. – 35 с.

54. Шамгин, В.К. Разработка технологии производства сухого молочного белка [Текст] / В.К. Шамгин, Н.В. Нехведович // Получение и использование белков молока: сборник. – Минск : Наука и техника, 1973. – С. 26-41.

55. Дьяченко, П.Ф. Способ получения пищевого казеина [Текст] / П.Ф.

Дьяченко, И.Н. Влодавец, Е.А. Богомолова // Обзор.информ. мол. пром-сть. – 953. – №6.

56. Инструкция по организации и порядку проведения микробиологических исследований пищевых продуктов и оценке их качества / Утв. Минздравом УССР 30.12.88. – Киев, 1988.

57. Новиков, О.П. Методы извлечения белковых веществ из творожной сыворотки [Текст] / О.П. Новиков, А.Т. Борисов, В.Е. Степанятов // ЦНИИТЭИмясомолпром. – М., 1981. – 19 с.

58. Дьяченко, П.Ф. Исследование состава казеинат-кальцийфосфатного комплекса молока [Текст] / П.Ф. Дьяченко, Н.Ю. Алексеева // Мол.пром-сть. – 1968. – №3. – С.2-22.

59. Дьяченко, П.Ф. Сравнительная ценность сухого молочного белка и обезжиренного молока в комбикормах [Текст] / П.Ф. Дьяченко [и др.] // Животноводство. – 1976. – №3. – С.48-58.

60. Дьяченко, П.Ф. Изменения казеинаткальцийфосфатного комплекса при выработке сыра, включая чеддеризацию [Текст] / П.Ф. Дьяченко [и др.] // Тр. XVIII Междунар. молочн. Конгресса. – Сидней, 1970. – М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 391 с.

61. D'yachenko, P.F. Role of calcium in the structure of casein complex of milk Brief communications 20th international dairy congress [Text] / P.F. D'yachenko. – Paris, 1978. – P. 288.

62. Ростроса, Н.К. Производство молочно-белковых концентратов на основе высокотемпературной коагуляции белков обезжиренного молока [Текст] / Н.К. Ростроса // Обзор. информ. ЦНИИТЭИмясомолпром. – М., 1986. – С.1-8.

63. Ростроса, Н.К. Производство молочно-белковых продуктов на основе совместной коагуляции казеина и сывороточных белков [Текст] / Н.К. Ростроса, П.Ф. Дьяченко // ЦНИИТЭИмясомолпром. – М., 1969. – С. 14-15.

64. Конева, О.И. Экспериментальная установка для поточной коагуляции при производстве казеина [Текст] / О.И. Конева, В.К. Стащенко, А.В. Перепечко.

65. Конева, С.И. Разработка технологических параметров получения низкокальциевого копреципитата непрерывным способом [Текст] / С.И. Конева, Н.В. Нехведович, В.С. Трофимов // Повышение эффективности производства МБК. – М.: Агропромиздат. – С.85.

66. Gurr, M.I. Milk products: Contribution to nutrition and health [Text] / M.I. Gurr // J. Soc. Dairy Tekhnol. – 1992. – 45. – N 3. – p. 61-67.

67. Muller, L.L. Studies of co-precipitates of milk proteins [Text] / L. Muller, N. Show // AustJ. of D. Techn. – 1967. – N-3. – P. 12-16.

68. Pat. CSIRO N 403065. [Text] / Miller L.L., Hayes J.F., Buchanan R.A.,

Snow N.S. – Austral, 1970.

69. Липатов, Н.Н. Производство творога: теория и практика [Текст] / Н.Н. Липатов. – М. : Пищ. пром., 1973. – 237 с.

70. Порозова, Л.Ф. Основные тенденции развития молочной промышленности США и стран Западной Европы [Текст] / Л.Ф. Порозова, Г.В. Борисова, А.М. Епихина, О.Н. Миронова // Обзор, инф. ЦНИИТЭИмясомолпром. – М. , 1983. – 34 с.

71. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика [Текст] / П.Ф. Рокицкий. – Минск, 1973. – 379 с.

72. Богданова, Е.А. Влияние тепловой обработки при производстве творога на структурно-механические свойства и дисперсность белкового сгустка [Текст] / Е.А. Богданова // Обзор, информ. мол. пром-сть. – 1966.- №8. – С.11-12.

73. Die Molkereli-Zeitung. Welt der Milch [Text] / Die Molkereli-Zeitung. – 1981. – Bd 35. – N20. – p. 628, 629, 632, 633.

74. Храмцов, А.Г. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки [Текст] / А. Г. Храмцов, Э.Ф. Кравченко, К.С.Петровский [и др.]. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – С. 43-48.

75. Mann, E.J. Milchprotein-copraezipitaten [Text] / E.J. Mann // Molkerizeitung Well. – 1984. – t. 38. – p.40.

76. Шалыгина, А.М., Файзиев Д.С, Садиев Р.С. Степень использования белков обезжиренного молока и сыворотки при термокислотной коагуляции [Текст] / А.М. Шалыгина, Д.С. Файзиев, Р.С. Садиев // Мол. пром-сть. – Вып. II, 1992. – 45-47 с.

77. Гурський П. В. Технологія паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Гурський Петро Васильович. – Харків, 2009. – 353 с.

Розділ 2. Наукове обґрунтування технології паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного

2.1. Обґрунтування вибору компонентів модельної системи на основі сиру кисломолочного?

2.1.1. Вибір та обґрунтування концентрації сиру кисломолочного нежирного як білкової основи.

Нові харчові продукти, виготовлені на основі молочного білка, займають все більший сегмент продуктового ринку і складають значну частку в раціоні харчування населення.

Аналіз ринку закусочної пастоподібної продукції показав, що вона характеризується незначним асортиментом і представлена, пастами на основі твердих та м'яких сирів з використанням молочного жиру або композиції молочний жир – олія, та частковим використанням (до 20 %) в рецептурі сиру кисломолочного [1...14].

Важливо відмітити, що на ринку практично відсутні пасти на основі сиру кисломолочного нежирного з додаванням олії як основного жирового компонента. На наш погляд головною проблемою для впровадження даної продукції, виготовленої індустріальним методом, є відсутність наукових основ її виробництва.

Реалізація принципів наукового обґрунтування використання сиру кисломолочного нежирного у виробництві паст, який є джерелом функціонального білка (розділ 2), з одного боку, підвищить ефективність технології за рахунок зменшення витрат на приготування білкової основи.

В межах розробленої робочої гіпотези (рис. 3.1) і стратегії для використання олії рафінованої дезодорованої в даній технології важливим є обґрунтування технологічних умов і параметрів, що забезпечать активацію білків, переведення їх у розчинний стан, збільшення гідратації та концентрування білків в дисперсійному середовищі, які виконуватимуть роль поверхнево-активних речовин на стадії емульгування для полегшення диспергування жирової фази і отримання стабільної емульсії.

Стабільність білково-жирової емульсії протягом теплової обробки та зберігання можна забезпечити шляхом збільшення енергетичного потенціалу білкової основи під дією лужних регуляторів рН, переведення білків у більш гідратований стан та забезпечення їх розчинності під час вивільнення із ККФК кальцію, який може приймати участь в утворенні просторової сітки, а також введенням сульфатованих полісахаридів для зв'язування вільної вологи і стабілізації структури продукту в цілому.

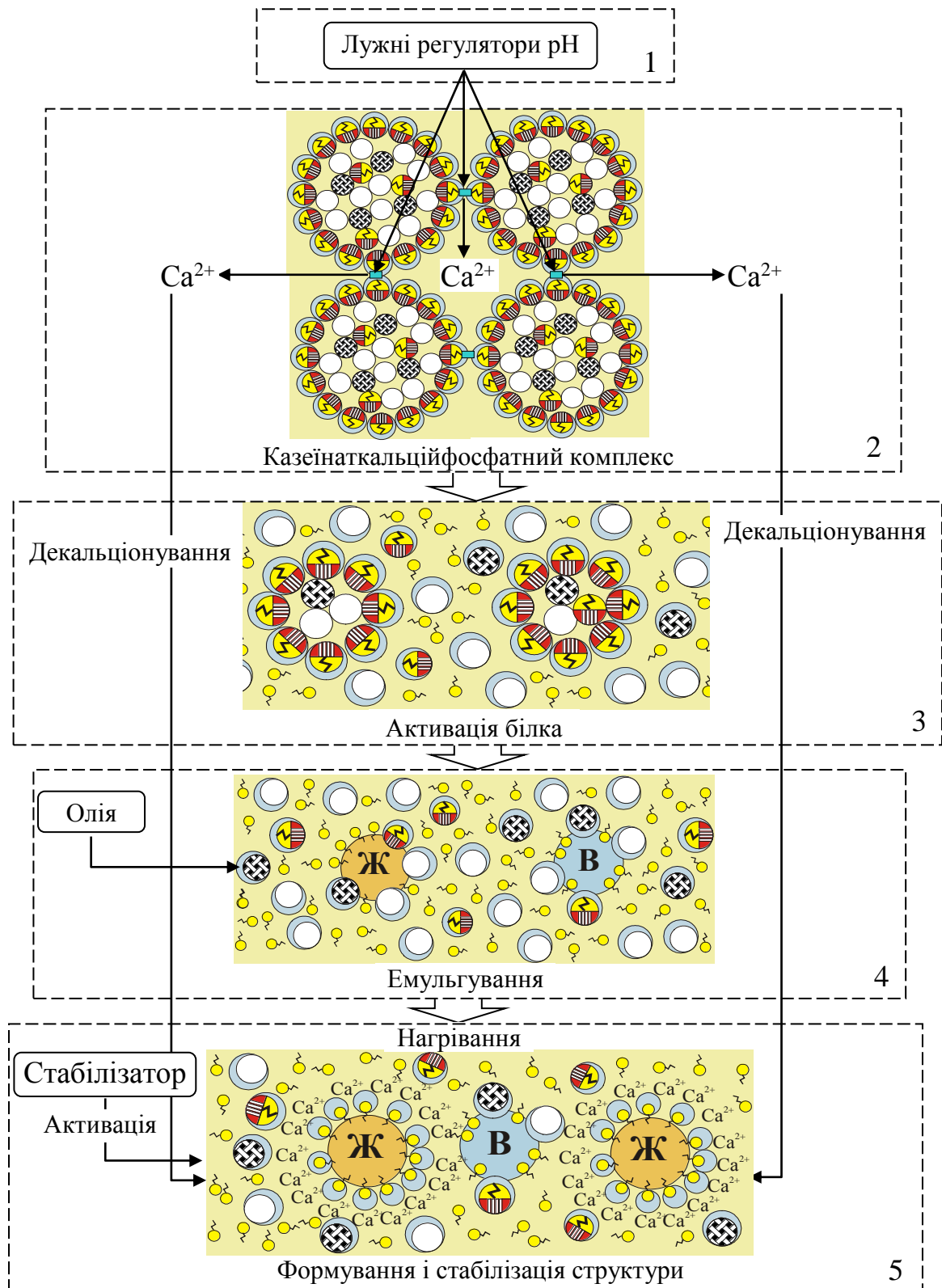


Рис. 2.1. Модель робочої гіпотези розробки технології паст закусочних: 1– розчини лужних регуляторів рН; 2 – молочні білки у складі казеїнаткальційфосфатного комплексу; 3 – активація білків та переведення їх у розчинний стан; 4 – емульгування олії; 5 – стабілізація структури шляхом нагрівання та введення стабілізатора

Враховуючи рівноважний стан колоїдної системи «білок–вода», якою є ККФК, та схильність до денатурації білка під час нагрівання, проведеними дослідженнями було встановлено (рис. 2.2), що збільшення гідрофільності

білкової основи до 75 % забезпечує агрегативну рівновагу та стійкість білка під час нагрівання в межах 70...95 °С.

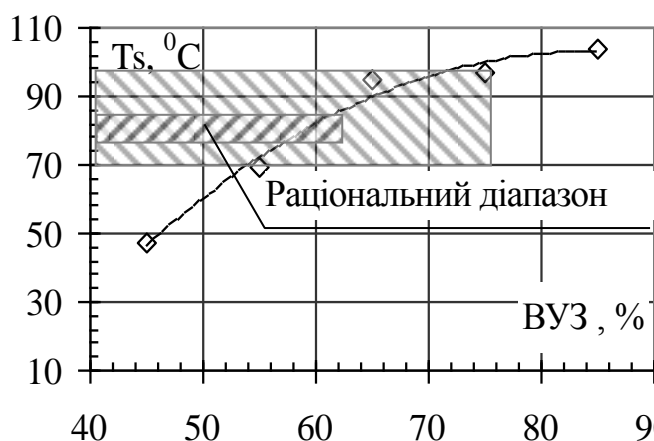


Рис. 2.2. Залежність термічної стійкості білкової основи від ВУЗ

За критерій оцінки зростання гідрофільності приймали вологоутримуючу здатність (ВУЗ) білкової основи пасти закусочної (рис. 2.3). Для встановлення залежності вологоутримуючої здатності сиру кисломолочного від рН досліджували зміни буферної ємності білкової основи внаслідок зміни енергетичного стану білка.

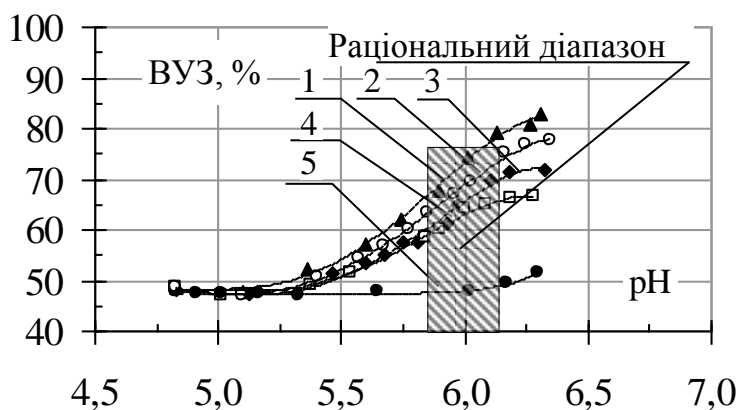


Рис. 2.3. Залежність ВУЗ білкової основи від активної кислотності 1 – Na двовуглекислий, 2 – тринатрійполіфосфат, 3 – Na двовуглекислий + цитрат Na, 4 – цитрат Na, 5 – Ca(OH)₂

Для обґрунтування механізму іонообміну досліджували гідратацію білка, змінюючи активну кислотність білкової основи в нейтральний бік за допомогою речовин, що здатні осаджувати полівалентні іони: натрію двовуглекислого тринатрійполіфосфату, цитрату натрію та гідроксиду кальцію (рис. 2.3).

Встановлено, що під час внесення в білкову основу гідроксиду кальцію в інтервалі активної кислотності рН 4,8...6,2 % не відбувається руйнування «кальцієвих містків». Буферна ємність білка при цьому не збільшується і знаходиться на рівні 48±1 %. При внесенні в білкову основу пасти закусочної

реагентів, що мають в своєму складі катіон Na^+ , відбувається зростання активної кислотності і збільшення ВУЗ [4, 15, 16, 17].

Аналіз проведених досліджень (рис. 2.3) показав, що при додаванні натрію двовуглекислого, тринатрійполіфосфату, цитрату натрію активна кислотність білкової основи пасти закусочної зростає в межах рН 5,5...6,2. При цьому вологоутримуюча здатність в інтервалі рН 5,0...5,5 спочатку збільшується повільно від 48 ± 1 % до 54 ± 2 %, а в інтервалі рН 5,5...6,2 збільшується суттєво від 54 ± 2 % до 78 ± 2 %.

Криві залежності ВУЗ білкової основи від рН підтверджують роль катіонів Na^+ в руйнуванні «кальцієвих містків» і збільшенні ВУЗ від 48 ± 1 % до 78 ± 2 % в інтервалі рН 5,0...6,2. Особливо важливе значення має активна кислотність після значення рН 5,5, що характеризує початок значного збільшення вологоутримуючої здатності.

Отже, підвищення негативного заряду білкової основи досягнуто зміщенням ізоелектричної точки в нейтральний бік від рН $4,8 \pm 0,2$ до $6,0 \pm 0,2$, що сприяло зростанню її буферної ємності до 80 ± 2 % (рис. 2.3) та збільшенню термічної стійкості до 95 ± 2 °С (рис. 2.1), що узгоджується з основними принципами робочої гіпотези розробки технології паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного [4, 5].

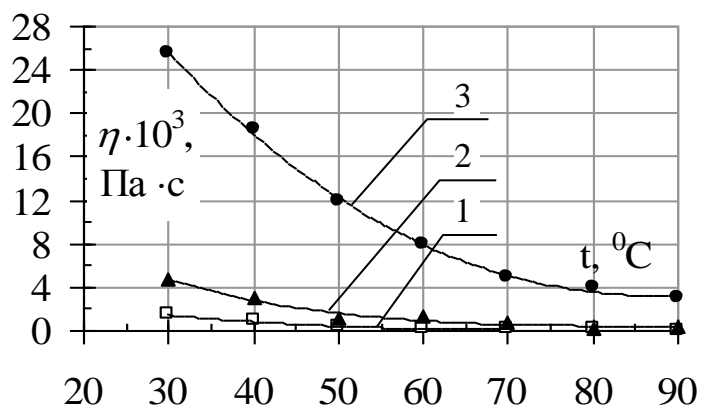


Рис. 2.4. Залежність в'язкості білкової основи пасти закусочної від температури за вмісту сиру кисломолочного нежирного : 1 – 30 %; 2 – 40 %; 3 – 50 %

Для визначення раціональної концентрації білкової компоненти для подальшого її використання в процесі емульгування проводили дослідження в'язкості (рис. 2.4) білкової основи з різним вмістом сиру кисломолочного нежирного.

Встановлено, що за концентрацій 30 та 40 % сиру кисломолочного нежирного динамічна в'язкість в температурному діапазоні 90...60 °С суттєво не відрізняється і становить $\sim 80 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Зниження температури в діапазоні 50...30 °С призводить до зростання в'язкості системи в межах $100 \dots 420 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Збільшення вмісту сиру кисломолочного нежирного в білковій основі до 50 % призводить до помітного зростання в'язкості в температурному діапазоні 90...60 °С в межах $300...800 \cdot 10^{-3}$ Па·с та до значного зростання в межах $1200...2580 \cdot 10^{-3}$ Па·с в діапазоні температур 50...30 °С.

Отже, на наш погляд, для використання сиру кисломолочного нежирного у технології пасти закусочної необхідно активізувати білок з метою підвищення його водозв'язуючої активності. Білок має додатково гідратуватись за умови, коли в молекулах збільшиться кількість гідрофільних груп в результаті відповідної реакції, або виникне контакт цих груп з водою при зміні конформації білкових молекул. Такі умови виникають під час збільшення рН середовища (коригування активної кислотності) внаслідок додавання різних реагентів (натрію двовуглекислого, цитрату натрію та ін.), іони Na^+ яких частково обмінюються з іонами Ca^{2+} білкової основи. Зважаючи на те, що активна кислотність свіжовиготовленого кисломолочного сиру знаходиться в межах рН $4,8 \pm 0,2$ [18, 19, 20], у якості коректора активної кислотності для білкової основи цілком можливо використовувати натрій двовуглекислий, який внаслідок гідролізу може забезпечити необхідний іонний обмін (рис. 2.3) та збільшити буферну ємність білка.

3.1.2. Вибір та обґрунтування концентрації коректора активної кислотності рН і солі-плавителя

Під час підбору солі-плавителя потрібно враховувати її активність і властивості білкової сировини. Азотисті сполуки у сирі кисломолочному представлені декількома фракціями. Він має нерозчинні й водорозчинні білки, а також пептиди, амінокислоти, аміни та інші азотисті сполуки [5].

Низькомолекулярні білкові фракції адсорбуються на поверхні високомолекулярних фракцій, надаючи останнім підвищену стійкість у водних розчинах і сприяючи зв'язуванню води, набряканню, а в деяких випадках (при певних співвідношеннях між фракціями) переходу білка в розчинний стан. Однак у більшості випадків для повного розчинення білка необхідне посилення зв'язку між білком і водною «оболонкою».

Дія солей-плавителів зв'язана з їх адсорбцією на поверхні білка. Аніони багатоосновних кислот мають велику адсорбційну здатність і зв'язуються з білками сиру, надаючи їм негативний заряд [16, 18...20].

Солі з багатовалентними аніонами та одновалентними катіонами в розчині проявляють лужні властивості. При введенні у білкову основу повністю замічених солей між ними і білками, а також між продуктами їхнього розпаду і мінеральними солями відбуваються обмінні реакції. У

результаті цього в суміші утворюються легкокорозчинні білкові солі з одновалентними катіонами. Процес характеризується збільшенням рН білкової основи і переходом білка в розчинний стан, що сприяє його стійкості під час високотемпературної теплової обробки. Білкова основа з сиру кисломолочного нежирного, що пройшла теплову обробку в присутності лужних чи з основних солей, має лужний присмак, що значно погіршує її якість. Тому в технології закускової продукції варто застосовувати середні та слабкокислі солі кислот [4, 5, 21, 22].

Для обґрунтування вибору солі-плавителя досліджували два основних фізико-хімічних процеси, що відбуваються внаслідок руйнування ККФК під дією іонів Na^+ солі плавильної та теплової обробки в температурному інтервалі 80 ± 2 °С: декальціонування, що визначали комплексометричним титруванням [23...25] з використанням трилону Б та металохромного індикатора мурексиду (рис.2.5) і пептизації білкових міцел, що розраховували, як відношення розчинного білка до загального його вмісту (табл. 3.1) у білковій основі пасти закускової [26].

Дослідженнями декальціонування білкової основи (рис. 2.5) встановлено, що збільшення концентрації в межах 1...3 %: тринатрій-поліфосфату забезпечує перехід кальцію в іонну форму від 40 до 90 мг, цитрату натрію – від 21 до 62 мг, суміш цитрату натрію і натрію двовуглекислого у співвідношеннях 3:1, 4:1, 5:1 відповідно забезпечують від 38 до 86 мг; від 36 до 84 мг, від 30 до 71 мг іонного кальцію в білковій основі [27].

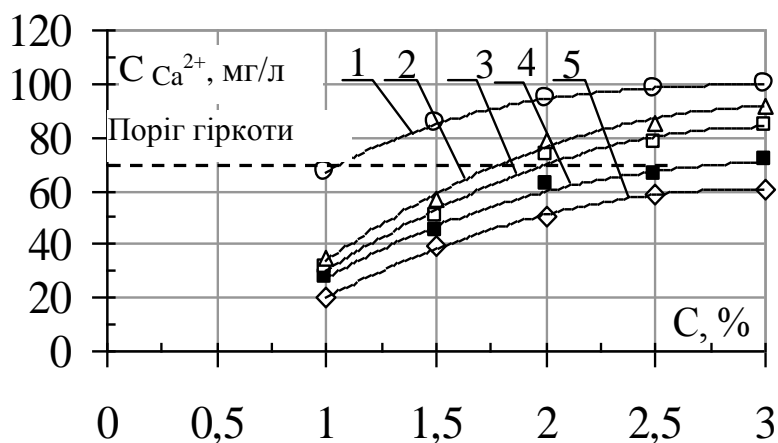


Рис. 2.5. Залежність концентрації іонів Ca^{2+} білкової основи від вмісту солі-плавителя: 1 – тринатрійполіфосфат; 2, 3, 4 – цитрат натрію+натрій двовуглекислий у співвідношеннях 3:1, 4:1, 5:1 відповідно; 5 – цитрат натрію

Варто зазначити, що сіль-плавитель тринатрійполіфосфат забезпечує гідратацію білка на ~10 % більше ніж цитрат натрію, але вже за концентрації $1 \pm 0,1\%$, яка відповідає рН $5,8 \pm 0,2$ надає білковій основі мильний (лужний)

присмак та післясмакову гіркоту (табл. 3.1), тоді як цитрат натрію аналогічно впливає на смакові властивості за концентрації $3,5 \pm 0,2$ %.

Гіркоту спричиняють іони кальцію, яких, внаслідок декальціонування під час іонообміну між Na^+ та Ca^{2+} , в білковій основі пасти було більше на ~ 30 % ніж при взаємодії з цитратом натрію [4, 5, 21, 27].

В результаті пептизації казеїнові міцели руйнуються до дрібніших розмірів, збільшуючи поверхню білка і кількість гідрофільних груп, які контактують з водою. Відбувається подальша іммобілізація вільної вологи. Кількість зв'язаної води зростає, а вільної вологи зменшується (рис. 2.12).

Таблиця 3.1 Вплив солі-плавителя на ступінь пептизації білка білкової основи

Концентрація, %	Ступінь пептизації, %				
	Тринарій-поліфосфат	Цитрат натрію	Цитрат натрію і натрій дво-вуглекислий у співвідношенні		
			3:1	4:1	5:1
0,5	$18,1 \pm 1,2$	$14,6 \pm 1,1$	$19,5 \pm 1,2$	$18,3 \pm 1,2$	$17,5 \pm 1,2$
1,0	$25,4 \pm 1,3$	$23,1 \pm 1,3$	$28,0 \pm 1,3$	$26,7 \pm 1,3$	$25,0 \pm 1,3$
1,5	$52,0 \pm 1,5$	$46,8 \pm 1,4$	$55,1 \pm 1,5$	$54,4 \pm 1,5$	$53,1 \pm 1,5$
2,0	$62,3 \pm 1,5$	$50,4 \pm 1,5$	$65,3 \pm 1,5$	$64,9 \pm 1,5$	$63,3 \pm 1,5$
2,5	$64,8 \pm 1,6$	$62,5 \pm 1,5$	$68,4 \pm 1,6$	$65,8 \pm 1,6$	$65,0 \pm 1,6$
3,0	$68,6 \pm 1,7$	$64,3 \pm 1,6$	$72,4 \pm 1,8$	$70,5 \pm 1,8$	$69,4 \pm 1,8$

Сенсорна оцінка впливу ступеня декальціонування білка на органолептичні показники за п'ятибальною шкалою (табл. 3.2) показала, що смакові якості білкової основи кращі під час використання суміші цитрату натрію і двовуглекислого натрію у співвідношенні 5:1.

Отримані результати склали основу для обґрунтування технології паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного, активна кислотність білкової основи повинна бути в межах рН 5,8...6,2 і відповідно ВУЗ білка – 58...75 %. Дані умови необхідні для утримання білка від денатурації під час його нагрівання за температури 80 ± 2 °С протягом теплової обробки (рис.2.1). Враховуючи те, що значення активної кислотності сиру кисломолочного нежирного, як правило, коливається в межах 4,7...5,2, величину рН до необхідних значень доцільно регулювати додаванням двовуглекислого натрію в кількості $0,4 \pm 0,1$ % і цитрату натрію в кількості $2 \pm 0,2$ % від загального обсягу компонентів білкової основи паст закусочних.

Таблиця 3.2 Залежність органолептичної оцінки білкової основи паст закусочних від вмісту іонного кальцію (Ca^{+2}) за концентрації солей-плавителів $2,0 \pm 0,1\%$

Найменування солі-плавителя	Органолептична оцінка з урахуванням коефіцієнта вагомості, бал						
	зовнішній вигляд	консистенція	колір	запах	смак	Загальна	
	0,12	0,25	0,1	0,2	0,33		
Тринатрійполіфосфат	0,46	1,20	0,30	0,82	0,81	3,56	
Цитрат натрію	0,48	1,05	0,30	0,92	1,38	4,33	
Цитрат натрію з натрієм двовуглекислим у співвідношенні:	3:1	0,48	1,15	0,30	0,85	1,18	3,96
	4:1	0,49	1,13	0,30	0,90	1,26	3,99
	5:1	0,50	1,20	0,30	0,96	1,54	4,55

Для встановлення раціональних концентрацій натрію двовуглекислого, як коректора активної кислотності, та цитрату натрію, як солі плавильної, дослідження вологоутримуючої здатності білка проводили в два етапи: зміщували рН білкової основи в нейтральний бік одним із реагентів, фіксуючи інший.

На першому етапі досліджень, для визначення впливу натрію двовуглекислого на кінетику вологоутримуючої здатності білка, зміщували рН білкової основи в нейтральний бік до $6,5 \pm 0,2$, додаючи розчин з концентрацією цитрату натрію в межах $0,0 \dots 3,0\%$ та фіксуючи при цьому концентрації розчину натрію двовуглекислого в наступних значеннях: $0,3, 0,4, 0,5$ та $0,6\%$ (рис. 2.6).

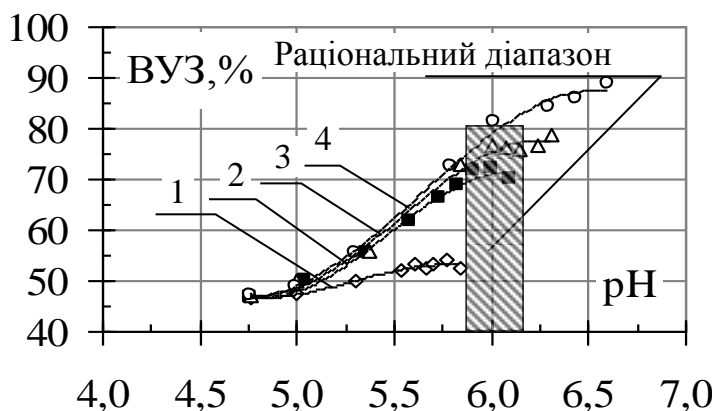


Рис. 2.6. Залежність ВУЗ білкової основи від активної кислотності за концентрації натрію двовуглекислого: 1 – $0,3\%$; 2 – $0,4\%$; 3 – $0,5\%$; 4 – $0,6\%$

За рахунок гідролізу натрій двовуглекислий за концентрації 0,3 % забезпечує 54 % ВУЗ білкової основи, за концентрації 0,4 % – 72 %, за концентрації 0,5 % – 76 %, за концентрації 0,6 % – 88 % .

Раціонального значення ВУЗ щодо термічної стійкості (рис. 2.1) білкова основа набуває при додаванні натрію двовуглекислого у кількості 0,4...0,5 %. При цьому значення активної кислотності зростає до рН $6,2 \pm 0,1$, а ВУЗ білкової основи збільшується до 75 ± 2 %.

Отже натрій двовуглекислий за даної концентрації позитивно впливатиме на процес гідратації при підготовці білкової основи до теплової обробки (рис 2.6).

Зростання гідратації білка під час зрушення рН в лужний бік натрієм двовуглекислим можна пояснити схемою іонного обміну (рис. 2.7), внаслідок якого збільшується його гідрофільність, частково руйнується ККФК і зменшуються розміри білкових міцел [20].

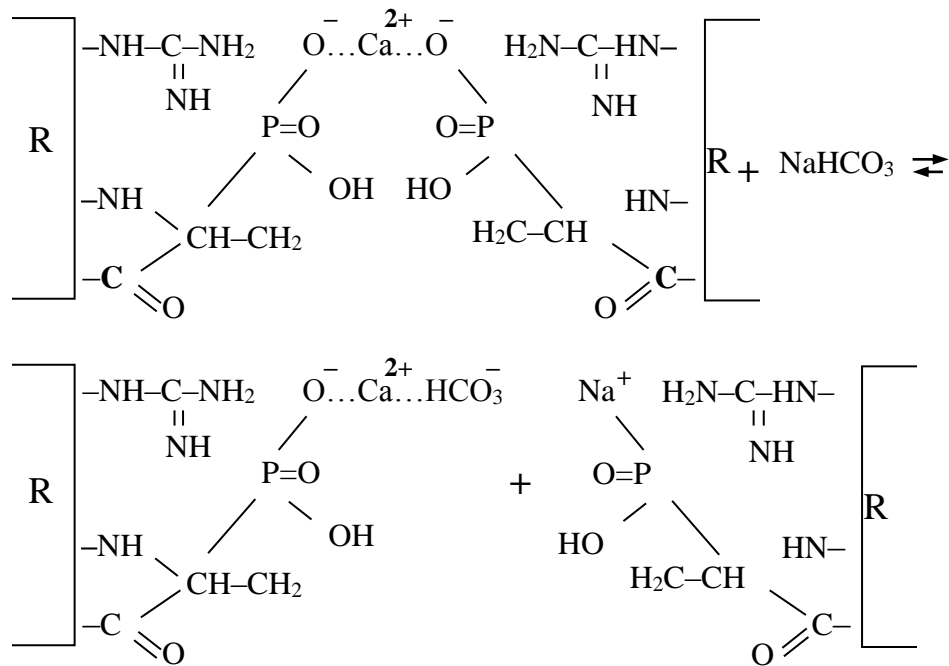


Рис. 2.7. Іонний обмін при додаванні натрію двовуглекислого до білкової основи паст закусочних

Дана реакція підтверджує роль катіонів та аніонів в іонному обміні між білком сиру кисломолочного, у зростанні при цьому рН та збільшенні ВУЗ білка. Аніон натрію двовуглекислого витісняє з міцелового ланцюжка кальцій та, адсорбційно зв'язуючись з параказеїном, підсилює його негативний заряд. При цьому рН суміші зміщується в лужний бік, а ізоелектрична точка білка – в кислий. Внаслідок цього казеїн значно збільшує свою буферну ємність, набрякає протягом дозрівання білкової основи та зберігає свою агрегативну рівновагу. Катіон натрію, приєднуючись через серинфосфатну групу до молекули казеїну, яка, внаслідок втрати

катіону кальцію, отримала негативний заряд, утворює легкорозчинну білкову сіль – казеїнат натрію, що підвищує загальну розчинність білка.

На другому етапі досліджень, (рис. 2.8) для визначення впливу цитрату натрію на вологоутримуючу здатність білка, рН білкової основи зміщували в нейтральний бік до $6,5 \pm 0,2$, додаючи розчин з концентрацією двовуглекислого натрію в межах $0,0 \dots 1,1$ % та фіксуючи при цьому концентрацію розчину цитрату натрію в межах: $1,0 \pm 0,1$ %, $2,0 \pm 0,1$ %, $3,0 \pm 0,1$ %.

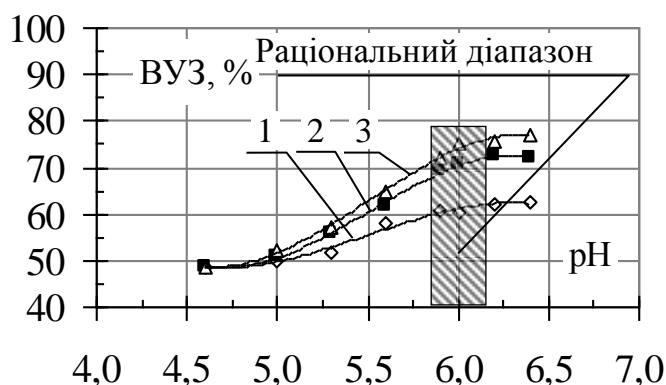
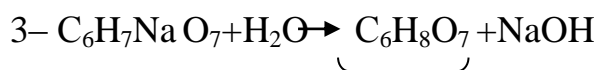
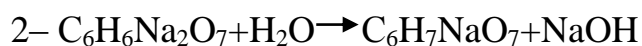
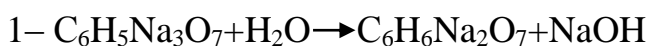


Рис. 2.8. Залежність ВУЗ білкової основи від активної кислотності за концентрації цитрату натрію: 1 – 1,0 %, 2 – 2,0 %; 3 – 3,0 %

Цитрат натрію концентрацією $1,0 \pm 0,1$ % забезпечує 70 ± 1 % ВУЗ білкової основи, концентрацією $2,0 \pm 0,1$ % – 75 ± 2 %, а за концентрації $3,0 \pm 0,1$ % – 78 ± 2 %.

Аналіз графіків показав, що при збільшенні концентрації цитрату натрію від $2 \pm 0,1$ до $3 \pm 0,1$ % значення ВУЗ збільшується несуттєво – на 4 %, але при цьому значно зростає активна кислотність – рН $6,2 \dots 6,7$ і знижуються смакові властивості.

Наступне зростання активної кислотності відбувається за рахунок гідролізу цитрату натрію (рис. 2.9), що забезпечує іонний обмін, подальше руйнування ККФК (рис. 2.10), збільшуючи буферну ємність білка [20, 27].



Цитринова кислота

Рис. 2.9. Схема гідролізу цитрату натрію (1,2,3 – етапи гідролізу)

Встановлено, що раціональне значення активної кислотності, яке забезпечує необхідні умови для гідратації білка, повинне знаходитись в межах рН $5,9 \dots 6,0$ (рис. 2.5, 2.7).

Потужний аніон, адсорбційно зв'язуючись з параказеїном, утворює розчинну цитринову сіль казеїну (рис. 2.10), підсилює його негативний заряд, внаслідок чого білок значно збільшує свою гідрофільність, набуває протягом дозрівання білкової основи та зберігає свою агрегатну рівновагу.

Саме тому білки витримують тривалий час нагрівання за температури 80 ± 2 °C під час теплової обробки і не денатурують [4, 20, 22, 28]. Такою схемою іонного обміну пояснюється зростання гідратації білка при зміщенні рН цитратом натрію, внаслідок чого руйнується ККФК, зменшуються розміри білкових міцел і збільшується гідрофільність білка [20].

Для визначення раціонального часу дозрівання проводили дослідження ВУЗ білкової основи з різною концентрацією цитрату натрію.

Встановлено (рис. 2.11), що під час дозрівання білкової основи паст закусочних ВУЗ збільшується протягом перших $(28 \pm 2) \times 60$ с і в залежності від концентрації цитрату натрію $1,0 \pm 0,1$, $2,0 \pm 0,1$, $3,0 \pm 0,1$ % відповідно складає: 64 ± 2 , 75 ± 2 , 77 ± 2 %.

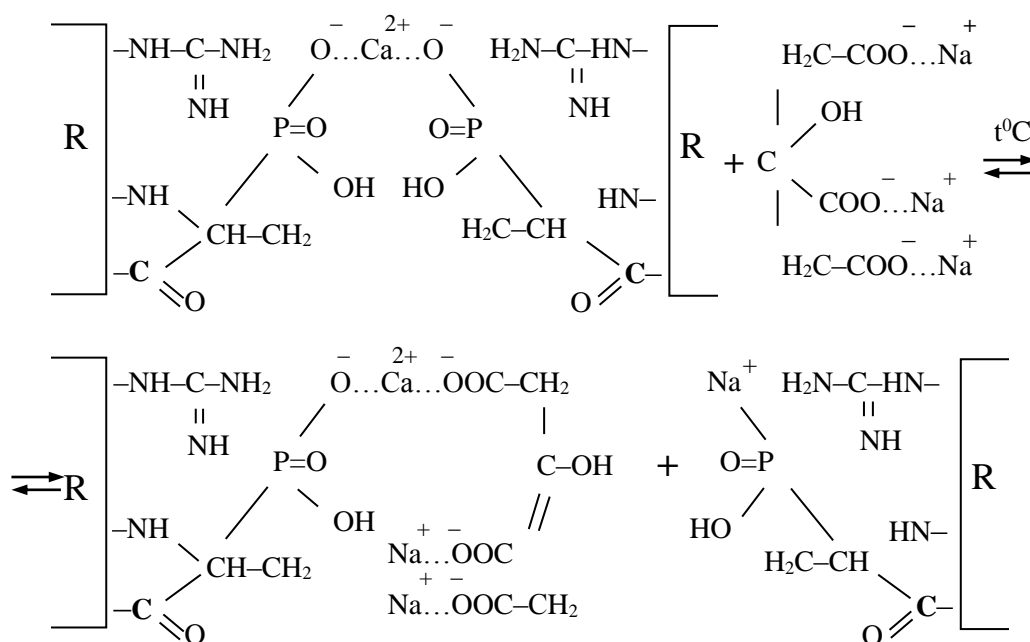


Рис. 2.10. Іонний обмін при додаванні цитрату натрію до білкової основи паст закусочних

Протягом наступних $(20 \pm 2) \times 60$ с ВУЗ зростає лише на $3,0 \pm 0,5$ %, вірогідно, в результаті зменшення активності білка внаслідок досягнення максимально можливого значення ВУЗ досліджуваної білкової системи.

Отже, суміш натрію двовуглекислого концентрацією $0,4 \pm 0,1$ % в якості коректора рН та цитрату натрію як солі плавильної концентрацією $2 \pm 0,2$ %, що є раціональними і, після дозрівання протягом $(28 \pm 2) \times 60$ с, забезпечать збільшення ВУЗ білкової основи до 75 ± 2 %, що дозволить підвищити її термічну стійкість в процесі теплової обробки до 95 ± 2 °C (рис. 2.2).



Рис. 2.11. Залежність ВУЗ від тривалості дозрівання білкової основи за концентрації натрію дигліцерофосфату 0,4 % та цитрату натрію, %: 1 – 1,0; 2 – 2,0; 3 – 3,0

Вода є основною складовою частиною більшості продуктів, що зумовлює їх товарознавчо-технологічні характеристики (консистенцію, структуру, соковитість), визначає їх органолептичні показники, а також стійкість під час зберігання [29]. Завдяки своїм структурним зв'язкам вона характеризується різними властивостями, доступністю, що дозволяє принципово розділити її за цими ознаками на вільну та зв'язану. Тому в технології продуктів харчування поряд з такою характеристикою як загальна вологість, виділяють не менш важливі показники - зв'язана волога, вологоутримуюча здатність. Співвідношення вільної та зв'язаної води часто є домінуючим показником, що характеризує технологічну, товарознавчу та мікробіальну стабільність продуктів.

У білкових продуктах, одним з яких є паста закусочна, вода міститься у різних формах. Частина води представлена вільною водою, а частина її – так званою «зв'язаною водою». Основні біологічні молекули – нуклеїнові кислоти, білки, ліпіди знаходяться в суміші моделі паст в гідратованому стані, тобто оточені досить щільним шаром з молекул води. Біомолекули з водою утворюють єдину систему, яку не можна розділити на компоненти без руйнування її сутності [28, 29...31].

Зв'язана вода, що міцно утримується різними компонентами харчових продуктів за рахунок хімічного та фізичного зв'язку, завжди існує поблизу розчиненої неводної компоненти. Вона має знижену молекулярну рухливість та інші властивості, що притаманні зв'язаній воді (не може бути розчинником, не може в системі перемішуватися самостійно, а тільки разом з макромолекулами за певної швидкості седиментації, в'язкості, дифузії). Вона не замерзає навіть за температури мінус 40 °С і відрізняється від води вільної за структурою [29]. На жаль, чіткого розділу між цими поняттями не існує тому, що зв'язана вода може мати широкий спектр «зв'язаності» [29, 32, 33]. Так вода в харчових продуктах може знаходитися в порожнинах, порях і

капілярах, утворених в продукті, а також у сорбованому стані на поверхні, гідратна і кристалогідратна вода, а також інші її види. Молекули води при цьому залишаються досить рухливими, що цілком достатньо для спостереження за ними методом спінової луни ядерного магнітного резонансу (ЯМР) [29, 34...37].

При використанні даного методу в досліджуваних зразках за критерій, що характеризує форми зв'язку води в білковій основі, брали значення тривалості спін-спінової релаксації T_2 , що є характеристичним часом розфазування магнітних моментів (рис.2.12) за рахунок створення локального магнітного поля найближчими сусідами, і визначає ступінь рухливості протонів водню, а значить і загальну молекулярну рухливість води в білковій основі, після її дозрівання [34]. При цьому зважали на те, що час релаксації ЯМР залежить від хімічного оточення досліджуваних ядер [36, 38], тому на швидкість перерозподілу енергії в спіновій системі будуть впливати спін-спінова взаємодія і молекулярна рухливість води. Таким чином, T_2 в експерименті характеризує взаємодію води з білком (енергію зв'язку). Для встановлення кінетики змін швидкості релаксації диполя води на імпульсній установці ЯМР був обраний універсальний метод спінової луни [34, 35, 37].

Після обробки експериментальних даних по кожному досліджуваному зразку встановлено залежність величини амплітуд сигналу луни (рис. 2.12) в залежності від інтервалу τ_i між зондуючими імпульсами за концентрації натрію двовуглекислого $0,4 \pm 0,05$ % та різною концентрацією цитрату натрію в білковій основі.

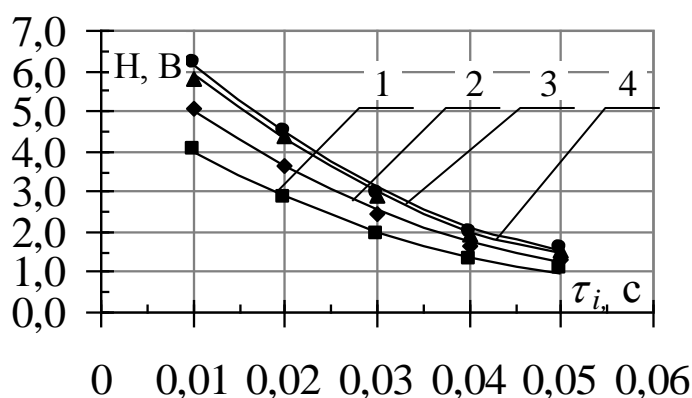


Рис. 2.12. Залежність змін амплітуд сигналу луни від інтервалу τ_i між зондуючими імпульсами в білковій основі паст закусочних з різним вмістом цитрату натрію: 1 – 0 %, 2 – 1,0 %, 3 – 2,0 %, 4 – 3,0 %

Значення амплітуд сигналу луни досліджуваних зразка білкової основи без цитрату натрію та зразка з концентрацією цитрату натрію $1,0 \pm 0,1$ % відрізняються одна від одної на $1 \pm 0,1$ В; зразків з концентрацією цитрату

натрію $1,0 \pm 0,1$ % та $2,0 \pm 0,1$ % також відрізняються одна від одної на $1 \pm 0,1$ В; зразків з концентрацією цитрату натрію $2,0 \pm 0,1$ % та $3,0 \pm 0,1$ % – всього на $0,25 \pm 0,05$ В. Це свідчить про те, що подальше збільшення концентрації цитрату натрію понад $2,0 \pm 0,1$ % суттєво не впливає на величину амплітуди.

Після математичної обробки результатів вимірів амплітуд [36, 38] визначали час спін-спінової релаксації T_2 від концентрації цитрату натрію в білковій основі паст закусочних (рис. 2.13).

Встановлено, що залежність T_2 від концентрації цитрату натрію в діапазоні $1,0 \dots 3,0$ % має вигляд плавної кривої (рис. 2.13), яка характеризує тенденцію зменшення значення T_2 зі збільшенням концентрації цитрату натрію в білковій основі. Це пояснюється зростанням вологоутримуючої здатності білка внаслідок іонного обміну, що призводить до зменшення кількості «вільної» води в білковій основі паст закусочних.

З приведенного графіка (рис. 2.13) видно, що тривалість спін-спінової релаксації диполя води в білковій основі паст при збільшенні концентрації цитрату натрію в межах від 0 % до $1,0 \pm 0,1$ % зменшується на 0,007 с, в межах від $1,0 \pm 0,1$ % до $2,0 \pm 0,1$ % – на 0,004 с, в межах від $2,0 \pm 0,1$ % до $3,0 \pm 0,1$ % – на 0,002 с, тобто встановлена тенденція зменшення молекулярної рухливості і зростання кількості води, зв'язаної білком зі збільшенням вмісту цитрату натрію в білковій основі паст закусочних.

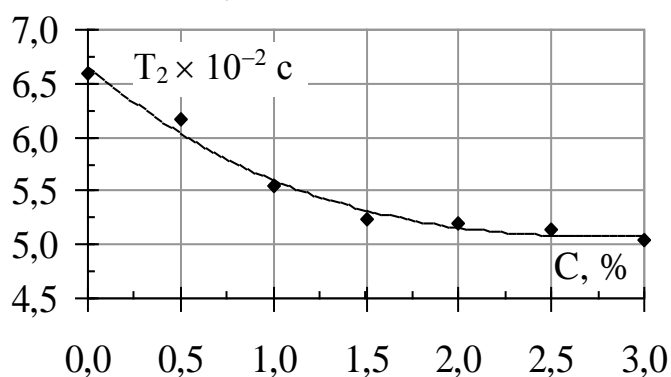


Рис. 2.13. Залежність тривалості спін-спінової релаксації диполя води в білковій основі паст закусочних від концентрації цитрату натрію

Експериментально було доведено, що залежність T_2 від концентрації цитрату натрію в інтервалі $1,0 \dots 3,0$ % має вигляд плавної кривої (рис. 2.12), яка інтенсивно зменшується в інтервалі концентрації цитрату натрію $0 \dots 2$ % і характеризує тенденцію зменшення значення T_2 зі збільшенням концентрації цитрату натрію в білковій основі. Це пояснюється зростанням гідратації білка та підвищення його водозв'язуючої активності внаслідок іонного обміну, що призводить до зменшення кількості «вільної» води в білковій основі. Отже даними дослідженнями підтверджено, що концентрація

цитрату натрію $2 \pm 0,2$ % є раціональною та її подальше збільшення в білковій основі паст закусочних суттєво не вплине на кількість зв'язаної води.

Рентгенівський аналіз упорядкованості структури білкової основи паст закусочних (рис. 2.14) проводився на стаціонарному рентгенівському апараті ДРОН-3 [39]. З рентгенівських дифрактограм зразків №1, №2 і №3 видно, що вони характеризуються аморфним рентгенівським спектром, що охоплює область кутів 2θ від $14^\circ \dots 36^\circ$.

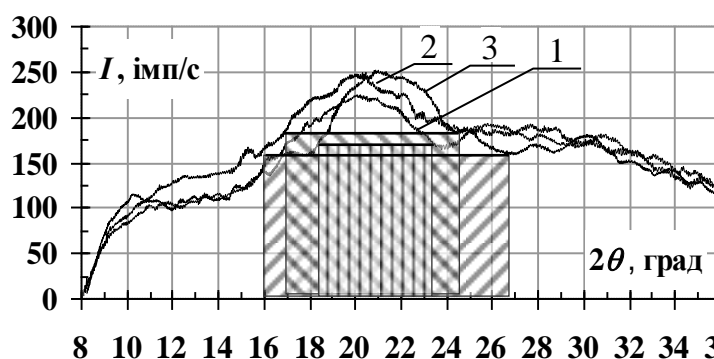


Рис. 2.14. Залежність інтенсивності дифракційної лінії від кута відбивання в білковій основі паст закусочних за концентрації цитрату натрію: 1 – $1,0 \pm 0,1$ %; 2 – $2,0 \pm 0,1$ %; 3 – $3,0 \pm 0,1$ %

Максимум інтенсивності дифракційної лінії спостерігається при куті відбивання $2\theta = 20,5^\circ$, що відповідає міжплощинній відстані $d = 4,30 \text{ \AA}$, яку знаходили за формулою Вульфа-Брегга [40, 42].

Наявність дифракційного максимуму на лініях «рідинного» типу може свідчити про тенденцію часток до упорядкування. При цьому більш високий ступінь упорядкованості спостерігається в зразках №2 і №3 за концентрації цитрату натрію в білковій основі паст закусочних відповідно 2 і 3 %. Зразки №2 та №3 мають більш чітко виражений дифракційний максимум, крім того на дифрактограмі з'явився ще додатковий максимум з $d = 3,49 \text{ \AA}$.

Після природного підсушування на повітрі за температури 20°C та вологості повітря 75%, протягом 24 год в зразках зафіксовано помітне збільшення інтенсивності основного максимуму до $d = 4,33 \text{ \AA}$, що може бути доказом зростання ступеня упорядкованості структури внаслідок зменшення дифузійного фону в зразках через втрату слабкозв'язаної води. При цьому дані ефекти більш виражені в зразках №2 (рис. 2.15) і №3, інтегральна напівширина дифракційної лінії (заштрихована область) яких менша і складає відповідно 0,108 і 0,107 радіана, тоді як у зразка №1 вона дещо більша і складає 0,119 радіана. Площа під кривою пропорційна кількості часток, що створюють це відбивання.

За напівшириною дифракційної лінії оцінювали ефективний середній розмір часток [41,42]. Розрахунками отримано величину розміру часток для

зразка №1 $D=12\text{\AA}$, для зразка №2 $D=13,3\text{\AA}$, а для зразка №3 $D=13,6\text{\AA}$. Тобто розміри часток зразків відрізняються на незначну величину 1,1...1,3 \AA і можна вважати, що вони майже однакові.

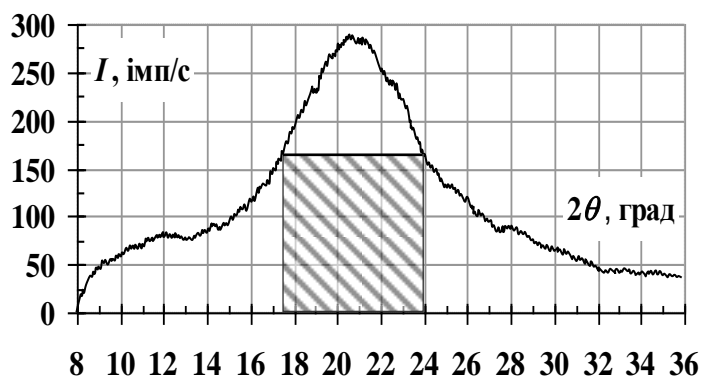


Рис. 2.15. Залежність інтенсивності дифракційної лінії від кута відбивання білкової основи паст закусочних після природного висушування

Якщо припустити, що білкова основа паст закусочних складається не з одиничних шарів, а з дуже тонких пакетів, які складаються з 2, 3, 4 шарів, то шляхом співставлення розрахункової та експериментальної інтенсивності відбивання можна аналітично дослідити її на достовірність (рис. 2.16).

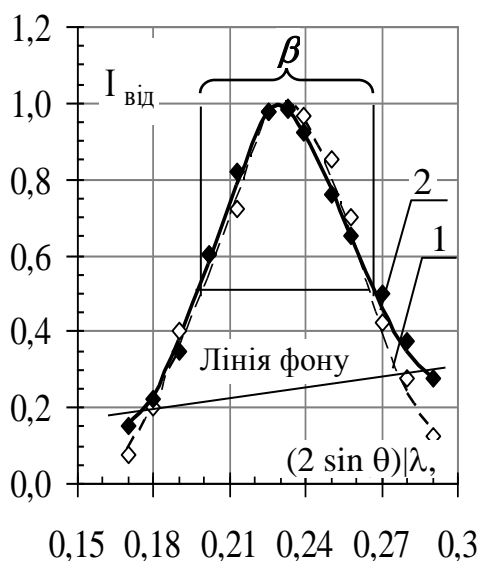


Рис. 2.16. Залежність інтенсивності дифракційної лінії від кута відбивання : 1 – розрахункова, 2 – експериментальна

Криву інтенсивності $I_{\text{від}}$ приймали в абсолютних одиницях. Тобто, в дослідженнях можливо порівнювати не тільки форму, але й висоту кривих інтенсивності зразків білкової основи паст закусочних з різною концентрацією цитрату натрію. Міжплощинна атомарна відстань може бути «візитною картою» для ідентифікації конкретної речовини.

Як показали розрахунки, форма і висота кривої для $N=3$ та $x=1$ добре співпадає з експериментальною кривою (рис. 2.16) при цьому розрахований

розмір часток за 3-и шарового пакету практично співпадає з розміром часток, отриманих експериментально для зразка №2: $3 \times 4,30 = 13 \text{ \AA}$.

Отже, можна припустити, що білкова основа паст закусочних складається з хаотично орієнтованих часток товщиною не більше 13 \AA вздовж нормалі до відбиваючих атомних площин.

Експериментальними дослідженнями білкової основи паст закусочних було встановлено, що на упорядкованість структури впливає концентрація цитрату натрію. За напівшириною дифракційної лінії та висотою максимуму можна стверджувати, що зразки №2 і №3 мають більш упорядковану структуру по відношенню до зразка №1, що підтверджує концентрацію цитрату натрію в межах $2 \pm 0,2 \%$, отриману попередніми дослідженнями.

Таким чином, рентгенівськими дослідженнями упорядкованості структури було підтверджено попередні дослідження (рис. 2.8, 2.13), що в білковій основі паст закусочних раціональною концентрацією натрію двовуглекислого є $0,4 \pm 0,1 \%$ та цитрату натрію – $2 \pm 0,2 \%$, які забезпечать необхідні умови для теплової обробки.

3.1.3. Вибір та обґрунтування концентрації жирової компоненти

Відомо, що, як правило, жировою компонентою у закусочній продукції сучасного продуктового ринку в основному використовується молочний жир, що входить до складу твердих сирів – білкової основи, а також у вигляді вершків чи вершкового масла. Молочний жир надавав закускам вершковий смак і консистенцію [4, 5].

Однак значне зниження виробництва молока та його висока вартість в Україні обумовили дефіцит молочного жиру, що застосовується у виробництві значної кількості молочних продуктів. Крім того, нові економічні умови ринку змушують виробників шукати для його заміни менш дефіцитну та дешевшу, жирову сировину з одночасним підвищенням біологічної та харчової цінності. Це призвело до широкого використання різних жирів і олій та їх композицій для часткової або повної заміни молочного жиру. Основна вимога при заміні молочного жиру олією – це підвищення харчової і біологічної цінності та органолептичних показників молочних продуктів з можливим зменшенням вмісту холестерину.

Рослинні жири містять багато життєво важливих есенціальних поліненасичених жирних кислот, а також вітамін Е (токоферолі), який відіграє значну роль в організмі людини [43...45]. Фізико-хімічні властивості молочного жиру і деяких рослинних олій за даними вітчизняних учених приведені в табл. 3.3.

Смак і запах рослинного замітника молочного жиру повинен імітувати характерний смак або бути нейтральним і стійким в процесі зберігання готового продукту.

Таблиця 3.3 Фізико-хімічні властивості молочного жиру і деяких рослинних олій

Найменування	Температура, °С		Число омилення	Йодне число
	плавлення	застигання		
Молочний жир	28...33	18...23	220...234	28...45
Олія соняшникова	—	-16...-19	186...194	119...145
Олія кукурудзяна	—	-10...-20	187...190	111...113

Використання олії рафінованої дезодорованої в якості жирової компоненти дає можливість не тільки скоротити витрати і підвищити продуктивність, але і розширити асортимент, виробляти продукцію з меншим вмістом холестерину чи, взагалі, без нього, збалансувати вміст насичених і поліненасичених жирних кислот.

Відомо, що у молочному жирі «есенціальних» кислот вкрай мало: лінолева кислота міститься в межах 1,5...4,4 %, ліноленова – 0,2...2,1 %, у той час коли у соняшниковій олії вміст лінолевої кислоти досягає ~60 % [43,44].

За даними автора [46], розбіжність в'язкості різних дезодорованих рафінованих олій не суттєва і становить в діапазоні температур 90...70 °С $(1,2 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$ Па·с, а в діапазоні температур 50...30 °С – $(2,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Для встановлення раціональної концентрації олії під час її емульгування в білкову основу паст закусочних проводили дослідження динамічної в'язкості з різним вмістом олії соняшnikової (рис. 2.17) та емульгуючої здатності білкової основи (рис. 2.18).

Дослідженнями впливу температури на в'язкість білкової основи паст закусочних з різним вмістом олії рафінованої дезодорованої: 15; 20; 25 % встановлено, що динамічна в'язкість в температурному діапазоні 90...60 °С майже однакова і становить $\sim 50 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Зниження температури в діапазоні 50...30 °С сприяє зростанню в'язкості в межах $100 \dots 400 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Збільшення вмісту олії в білковій основі до 30 ± 2 % значно підвищує в'язкість в температурному діапазоні 90...60 °С в межах $75 \dots 200 \cdot 10^{-3}$ Па·с та суттєво підвищує в межах $480 \dots 1350 \cdot 10^{-3}$ Па·с в діапазоні температур 50...30 °С, що може погіршити умови емульгування.

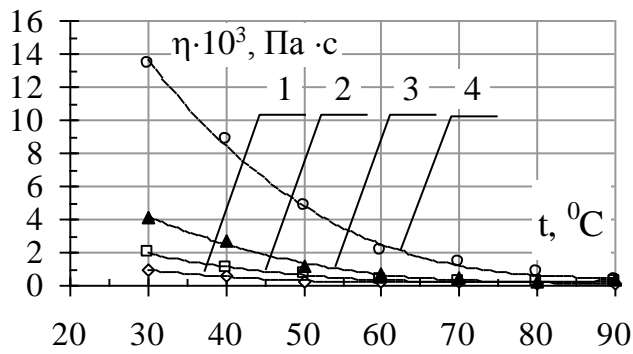


Рис. 2.17. Залежність в'язкості білкової основи паст закусочних від температури за вмісту олії соняшникової: 1 – 15 %, 2 – 20 %, 3 – 25 %, 4 – 30 %

Відомо, що емульгування – це процес, що відбувається зі значними витратами енергії [47], тому його доцільно здійснювати в зоні з низькою в'язкістю, саме цим пояснюється вибір у якості раціональної концентрації олії 25 ± 2 % за температури $30 \dots 40$ °C та в'язкістю білкової основи $280 \dots 400 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Емульгуючу здатність білкової основи паст закусочних (рис. 2.18) вивчали встановленням точки інверсії фаз під час емульгування, змінюючи концентрацію одного з основних компонентів білкової основи за стандартною методикою [48, 49] за температури $35 \dots 40$ °C, вологості 77,6 % з частотою мішалки 25 с⁻¹.

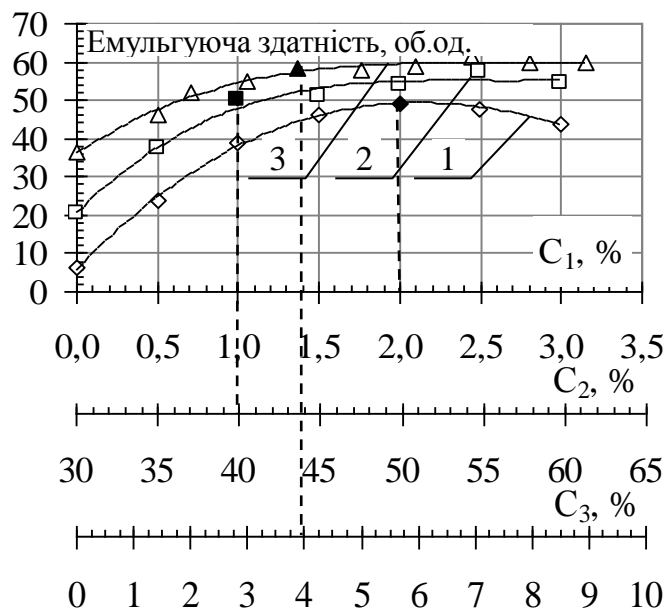


Рис. 2.18. Залежність емульгуючої здатності білкової основи паст закусочних від концентрації основних компонентів: 1 – цитрату натрію (C_1); 2 – сиру кисломолочного нежирного (C_2); 3 – молока сухого знежиреного (C_3)

Встановлено, що зі збільшенням концентрації цитрату натрію вона зростає і за концентрації 2,0 % досягає максимального значення – 50 об. од.

олії. При подальшому збільшенні концентрації емульгуюча здатність знижується, ймовірно, внаслідок зростання рН (рис. 2.18).

Встановлено, що зі збільшенням вмісту сиру кисломолочного нежирного від 30 до 40 % емульгуюча здатність білкової основи інтенсивно зростає. При збільшенні вмісту сиру кисломолочного нежирного до 50 % емульгуюча здатність уповільнюється і складає 54 об. од. внаслідок суттєвого підвищення в'язкості, що підтверджується попередніми дослідженнями (рис. 2.4).

Додавання до білкової основи сухого знежиреного молока як додаткового емульгатора до 4,0 % сприяє підвищенню емульгуючої здатності до 56 об. од. олії за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40 % очевидно внаслідок зростання вмісту поверхнево-активних речовин.

Для продукції емульсійного типу з тривалим терміном зберігання важливим показником є стійкість емульсії. Її визначали за вмістом незруйнованої емульсії після двократного центрифугування з проміжним нагріванням до 90 °С. Встановлено, що масова частка незруйнованої фази модельної емульсії (табл. 2.4) залежить від жировмісту, концентрації білокмістких компонентів білкової основи та концентрації цитрату натрію.

Таблиця 2.4 Показники стійкості модельної емульсії паст закусочних

Найменування компонента	Концентрація, %	Масова частка незруйнованої модельної емульсії, % за жировмісту, %			
		20	40	60	80
Сир нежирний кисломолочний	30	24	66	84	94
	40	60	83	86	96
	50	76	88	94	98
	60	78	90	96	98
Сухе молоко нежирне	0	38	63	76	88
	4	56	78	82	92
	6	60	83	86	96
	8	86	94	98	98
Цитрат натрію	0	22	31	40	48
	1	42	58	64	81
	2	60	83	88	96
	3	62	80	86	94

З аналізу таблиці видно, що стійкість модельних емульсій паст закусочних за жировмісту 20...80 % характеризує масова частка незруйнованої структури в межах відповідно 24...98 %, що залежить від

вмісту основних білокмістких компонентів, олії та активної кислотності білкової основи, яка залежить від концентрації цитрату натрію.

Для дослідження стабільності емульсії до і після теплової обробки будували діаграми за стандартною методикою (рис. 2.19, 2.20), що полягає у вимірюванні об'єму жирової та водної фаз, що відокремились від загального об'єму внаслідок руйнування емульсії [50]. Аналіз діаграми показав, що до теплової обробки агрегативна стабільність модельної емульсії висока і складає 96...98 % і майже не залежить від вмісту білокмістких компонентів та олії в межах концентрацій, що досліджувались (рис. 2.19).

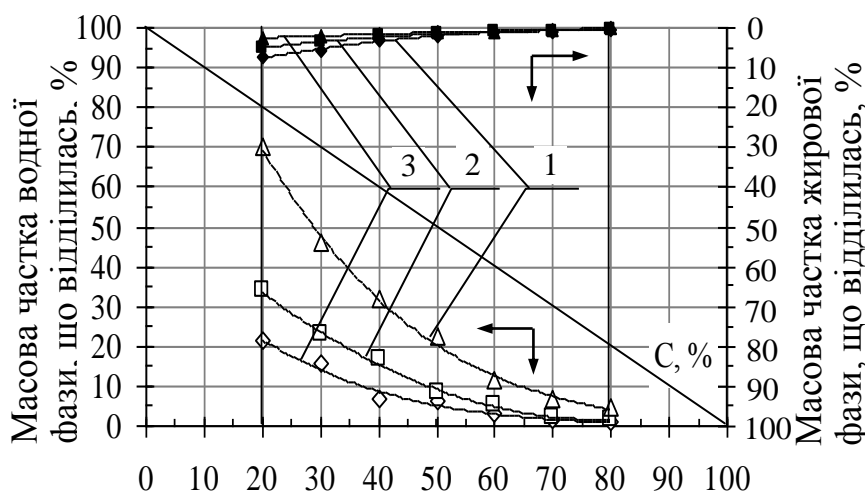


Рис. 2.19. Залежність стійкості модельної емульсії від концентрації олії до теплової обробки за вмісту сиру кисломолочного нежирного, %: 1 – 30; 2 – 40; 3 – 50

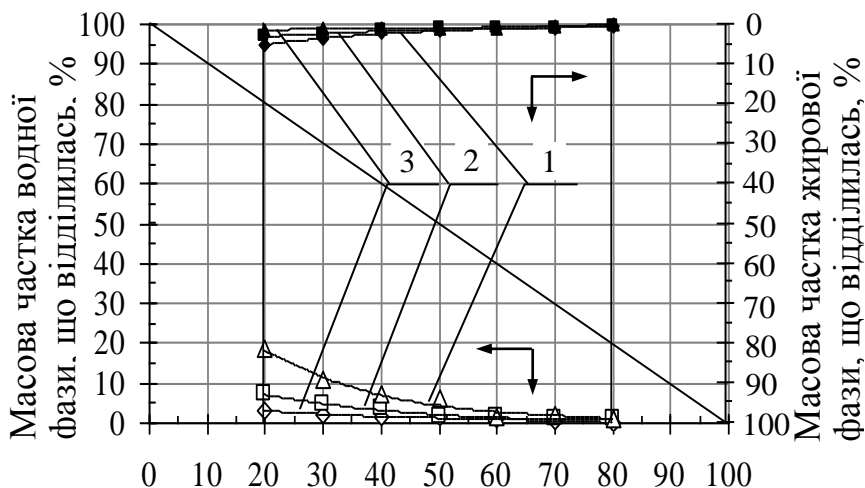


Рис. 2.20. Залежність стійкості модельної емульсії від концентрації олії після теплової обробки за вмісту сиру кисломолочного нежирного, %: 1 – 30; 2 – 40; 3 – 50

Однак кінетична стабільність низька і за вмісту олії 20 ± 1 % в модельній емульсії за вмісту сухого молока $6,0 \pm 0,5$ % та сиру кисломолочного нежирного 30 ± 2 %, 40 ± 2 %, 50 ± 3 % відповідно складає 30 ± 2 %, 65 ± 2 %, 78 ± 2 %. Збільшення вмісту олії від 20...80 % підвищує

стабільність емульсії за концентрації сиру кисломолочного: 30 % на 65 %, 40 % на 31 %, 50 % на 20 %.

Встановлено, що теплова обробка за температури 80 ± 2 °C сприяє підвищенню кінетичної стабільності модельної емульсії паст закусочних майже в 1,5 рази (рис. 2.20).

Після теплової обробки стабільність емульсії, що містить 20 ± 1 % олії, зростає за вмісту сиру кисломолочного нежирного: 30 ± 2 % від 30 до 70 %, 40 ± 2 % від 65 до 84 %, 50 ± 2 % від 78 до 94 % ймовірно внаслідок збільшення зв'язування води білком.

Отже, дослідженнями доведено, що жировміст модельної емульсії паст закусочних може мати широкий діапазон від 20 до 60 % при збереженні агрегативної стабільності. Доцільним є внесення до білкової основи сухого молока в кількості $4\pm 1\%$, що за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40 ± 2 % підвищує емульгуючу здатність на 28 ± 2 об. од. Підтверджено раціональну концентрацію цитрату натрію в білковій основі $2\pm 0,2$ %, що забезпечує найбільшу емульгуючу здатність. Також для забезпечення високої кінетичної стійкості модельної емульсії паст закусочних крім проведення теплової обробки необхідно ввести до рецептури структуроутворювач з високою водозв'язуючою здатністю.

На представленій мікрофотографії (збільшення в 1200 разів) структура сиру кисломолочного нежирного має вигляд сітчастого каркасу (рис. 2.21), утвореного казеїновими міцелами (стрілка 1 вказує на скупчення казеїнових міцел, які утворюють білковий каркас, стрілка 2 на ділянці, зайняті водною фазою).

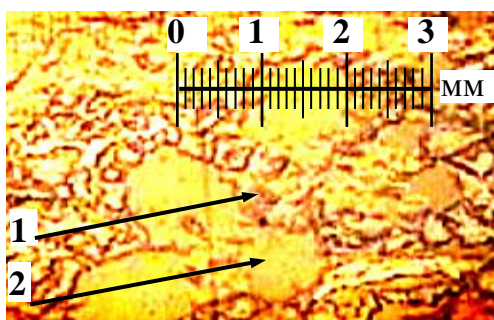


Рис. 2.21. Мікрофотографія структури сиру кисломолочного нежирного до внесення цитрату натрію

Дослідження змін мікроструктури модельної емульсії [51, 52] паст закусочних були направлені на візуальне підтвердження якісних змін, що відбуваються під час дозрівання білкової основи (рис. 2.21, 2.22) та змін мікроструктури модельної емульсії під впливом натрію двовуглекислого, цитрату натрію та теплової обробки (рис. 2.22, 2.23).

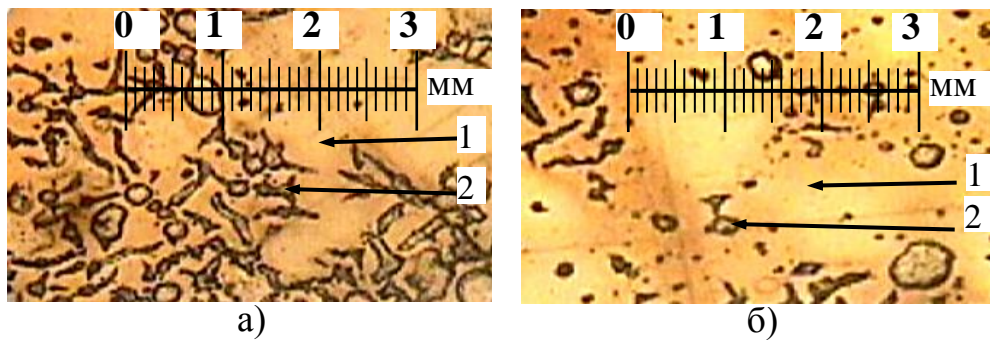


Рис. 2.22. Мікрофотографії структури білкової основи з натрієм двовуглекислим та цитратом натрію після дозрівання: а – $(10 \pm 2) \times 60$ с; б – $(28 \pm 2) \times 60$ с

Під час додавання розчинів: коректора рН – натрію двовуглекислого і солі плавної – цитрату натрію та дозрівання білкової основи протягом $(28 \pm 2) \times 60$ с відбувається руйнування міцелярної структури білка (рис. 2.22) внаслідок реакції обміну, тобто приєднання Na^+ цитрату натрію через серинфосфатну групу до молекули казеїну (рис. 2.9), яка, внаслідок втрати катіону кальцію, отримала негативний заряд, що підвищує розчинність всього білка. Тобто, цитрат натрію, як і натрій двовуглекислий, бере участь в реакції обміну, ще більше руйнуючи при цьому ККФК протягом дозрівання білкової основи.

Таким чином, внаслідок гідролізу цитрату натрію під час дозрівання білкової основи відбувається подальше руйнування «кальцієвих містків», що підтверджується мікродослідженнями структури (рис. 2.22), до емульгування та теплової обробки з приєднанням в ланцюжках міцел до параказеїну катіону натрію, який покращує розчинність білка та приєднання потужного аніону, що значно збільшує гідратацію та розчинність білка, за рахунок утвореного цитрату кальцію (рис. 2.10). Легкорозчинна цитринова сіль заважає злипанню часток білка та збільшує його гідрофільність [5, 16, 19, 20].

Отже мікрофотографіями структури підтверджено, що після додавання натрію двовуглекислого і цитрату натрію до білкової основи паст закусочних та дозрівання протягом $(28 \pm 2) \times 60$ с (рис. 2.22, б) мікроструктура значно змінюється внаслідок руйнування білкового каркасу та додаткового зв'язування води після відповідних обмінних реакцій, що проходять в білковій основі, відбувається часткова гомогенізація і збільшується її однорідність.

На мікрофотографіях (рис. 2.22, а, б) стрілка 1 вказує на ділянки з однорідною структурою, стрілка 2 – на залишки білкового каркасу і казеїнових міцел, що утворювали цей каркас.

Руйнування кальцієвих комплексів, відповідна величина рН і значна гідрофілізація білка (рис. 2.6...2.10) призводять до зменшення розмірів міцел та появи в білковій основі більш гідратованих субміцел типу А, В, С

(рис. 1.2), а також окремих молекул білка і амінокислот. Білкова суспензія стає більш однорідною.

Після емульгування олії в білкову основу паст закусочних та теплової обробки за температури 80 ± 2 °С утворюється емульсія (рис. 2.23, 2.24) з жиру і води в середовищі твердоподібного сильно гідратованого білка.

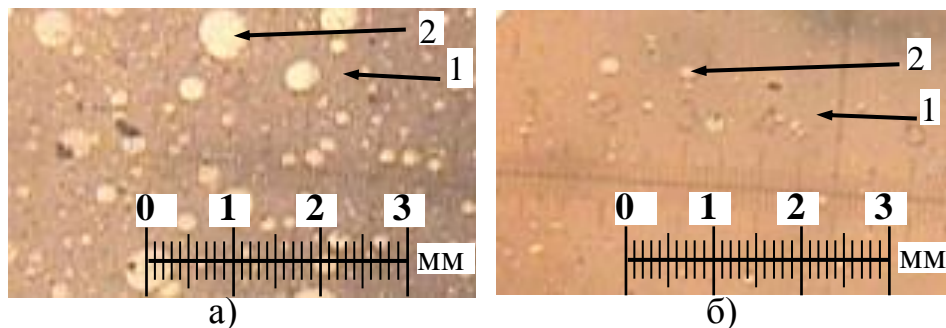


Рис. 2.23. Мікрофотографії структури модельної емульсії паст закусочних за концентрації цитрату натрію: а – 1,0%; б – 1,5%

Мікрофотографіями (рис. 2.22, а, б) підтверджено, що за концентрації цитрату натрію $1,0 \pm 0,1\%$, $1,5 \pm 0,1\%$ в модельній емульсії паст закусочних утворюється пориста незв'язана структура (стрілка 1 вказує на ділянки з однорідною структурою, стрілка 2 на ділянки з частками не нерозплавленого білка).

За концентрацій цитрату натрію $2,0 \pm 0,1\%$ і $3,0 \pm 0,1\%$ модельна емульсія паст закусочних має однорідну структуру (рис. 2.24) з властивостями характерними для даного продукту.

Аналіз мікрофотографій показав, що мікроструктури модельної емульсії паст закусочних з концентраціями цитрату натрію $2,0 \pm 0,1\%$ і $3,0 \pm 0,1\%$ (рис. 2.24, а, б) майже не відрізняються. На мікрофотографіях стрілка 1 вказує на ділянки з однорідною структурою, стрілка 2 на ділянки з краплинками жиру, що виникли під час його коалесценції.

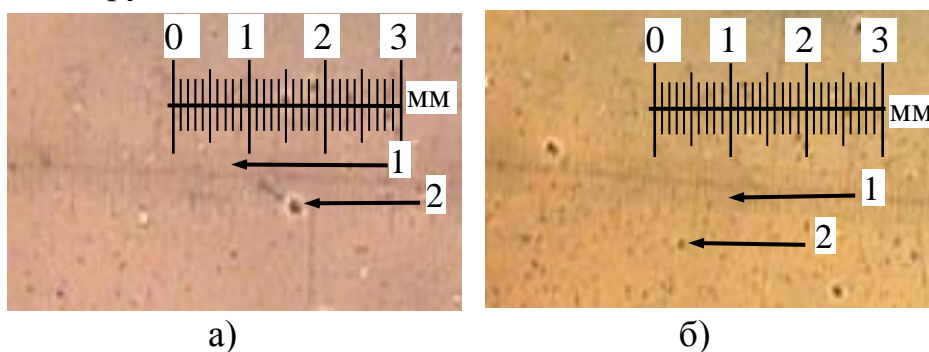


Рис. 2.24. Мікрофотографії структури модельної емульсії паст закусочних за концентрації цитрату натрію: а – 2,0%; б – 3,0%

Дослідженнями мікроструктури модельної системи після теплової обробки (рис. 2.23, 2.24) підтверджено, що натрій двовуглекислий як

коректор рН і цитрат натрію, як сіль-плавитель, руйнує міцелярну будову молочного білка, суттєво впливає на структуру модельної емульсії паст закусочних і збільшує ступінь пептизації білкової компоненти (табл. 2.1).

Отже, доведено вплив натрію двовуглекислого та цитрату натрію на підвищення рН білкової основи паст закусочних і збільшення при цьому її вологоутримуючої та емульгуючої здатності, підтверджено, що за концентрації натрію двовуглекислого як коректора рН в межах $0,4 \pm 0,1\%$, та концентрації цитрату натрію $2 \pm 0,2\%$, як солі-плавителя забезпечуються необхідні умови для отримання модельної емульсії паст закусочних.

2.1.4. Вивчення функціонально-технологічних властивостей полісахаридів (міцності, тривалості структуроутворення, температури плавлення, термостійкості)

Технологічні аспекти одержання закусочної продукції з емульсійною структурою базуються на створенні високодисперсних та стійких у часі емульсійних систем, що характеризуються підвищеною засвоюваністю порівняно з продуктами, у яких жир знаходиться в неемульгованому вигляді.

Переважає більшість комбінованих продуктів, до яких відносяться і пасти закусочні на основі сиру кисломолочного нежирного, враховуючи великий спектр хімічного складу та природи інгредієнтів, є складними системами з єдиною внутрішньою структурою і загальними фізико-хімічними властивостями. Для стабілізації структури, створення необхідної консистенції продукції даного типу та структурно-механічних властивостей використовуються харчові добавки, які спеціально вводять в рецептурний склад для реалізації технологічних завдань.

Важливим аспектом у технології продукції емульсійного типу є стабілізація отриманих емульсій. Стабілізація (досягнення визначених фізичних, фізико-хімічних та інших характеристик і підтримка їх протягом часу) здійснюється шляхом уведення речовин, що підвищують міцність, структурну в'язкість адсорбційних міжфазних шарів, скорочують тривалість структуроутворення або зміною технологічних параметрів обробки рецептурної суміші чи готової продукції, що впливають на зміну структурно-механічних властивостей – в'язкості, міцності, пружності та ін. [53...56].

В технології пастоподібних закусок емульсійного типу використання систем, що виконують роль стабілізаторів водяної і жирової фаз є актуальним. Основні вимоги, що до них пред'являються, наступні:

- сумісність з дисперсною фазою і дисперсійним середовищем;
- здатність забезпечувати збережуваність продукту в процесі зберігання без синерезису;

- придатність продукту до кулінарної обробки;
- регульована швидкість структуроутворення і можливість трансформації системи з в'язкого в пастоподібний стан;
- здатність забезпечувати необхідну консистенцію продукту;
- відсутність токсичної та алергічної дії;
- низька вартість, доступність.

Комплекс вимог до функціональних властивостей речовин, що використовуються самостійно чи у складі композицій для стабілізації емульсійних продуктів, передбачає такі характеристики, як текучість, тиксотропія, ступінь і швидкість набрякання, відсутність синерезису під час виробництва і зберігання, стабільність реологічних і властивостей та ін.

В технологіях продукції емульсійного типу в ролі емульгатора і стабілізатора технологічних систем активно використовуються білкові речовини, що традиційно займають домінуюче положення, особливо коли, з розвитком сучасних наукових досягнень, асортимент цих речовин і джерела їх одержання значно розширились [28, 53, 54, 57]. Крім того, для забезпечення стійкості до розшарування даної продукції та її стабільності протягом необхідного часу в рецептуру також додатково вводяться структуроутворювачі білкової природи – желатин, білки молока, яєць, борошна й ін. Поряд з білками в якості стабілізаторів широко використовуються структуроутворювачі полісахаридної природи – крохмаль, пектин, карагінан, а також сульфатовані полісахариди – агар, агароїд, фуцеларан та ін. [56, 58...61].

Ці речовини застосовуються у виробництві широкого асортименту харчових продуктів: кондитерських виробів, молочних, рибних, м'ясних продуктів, напоїв, морозива, майонезів і т.д. Вони створюють і стабілізують потрібну консистенцію продукту; гелеутворювачі, як неважко припустити, утворюють гель – структуровану колоїдну систему з рідким дисперсійним середовищем, яким є вода. Каркас являє собою поперечно зшиті полімерні ланцюги гелеутворювача [62...64].

В утворенні просторової сітки драглів беруть участь комбінації міжмолекулярних сил: водневих зв'язків, електростатичних сил, гідрофобної й молекулярної взаємодії. Під час драглеутворення розчинів полімерів рівнодіюча зазначених сил визначає процес переходу розчин-драглі.

При контакті водорозчинних полісахаридів з водою молекули розчинника спочатку проникають з утворенням зв'язків у найменш організовані ділянки ланцюга макромолекул. Така початкова гідратація послаблює зв'язки в ланках, що залишилися, сприяє проникненню води і

сольватації найбільш організованих ділянок ланцюга. Цей процес проходить через перехідну стадію гелеутворення, коли частки набухають і збільшуються в обсязі завдяки силам когезії між макромолекулами. Якщо міжмолекулярні зв'язки відносно слабкі, вони можуть бути досить легко зруйновані внаслідок механічного впливу чи нагрівання. При цьому біополімер (полісахарид чи білок) розчиняється повністю. [64]

Усі гідроколоїди є високомолекулярними гідрофільними речовинами, що при диспергуванні розчиняються чи набухають у воді з утворенням колоїдних розчинів, гелеподібних драглів або псевдодраглів. При цьому деякі гідроколоїди можуть вступати у взаємодію з емульгаторами, утворювати з ними асоціати різних порядків, що сприяє створенню більш міцних міжфазних адсорбційних шарів. [64].

Основними критеріями вибору виду драглеутворювача в наших дослідженнях були безпечність та нешкідливість для людського організму, висока драглеутворювальна й вологозв'язувальна здатність. Перевага віддавалась використанню натуральних драглеутворювачів, що можуть синтезуватись живими організмами та розкладатись в природних умовах, тобто є екологічно чистими високомолекулярними харчовими полімерами, до яких можна віднести желатин, агар, агароїд, фурцеларан, карагінан [59...61, 62...65].

Зважаючи на те, що драгли желатина мають досить низьку температуру плавлення 25...35 °C [65] на наш погляд раціональними для використання в технології паст закусочних на основі сиру кисломолочного є драглеутворювачі полісахаридної природи: агар, агароїд, карагінан, фурцеларан, що мають широкий комплекс функціонально-технологічних властивостей і високу ефективність дії [27, 54...56, 58...61, 62...65].

Агар, фурцеларан і агароїд - сульфатовані галактани червоних морських водоростей, відносяться до групи фітоколоїдів. Вони розчинні в гарячій воді, дають колоїдні розчини з високою в'язкістю та утворюють під час охолодження міцні драгли навіть за невеликої (1...3 %) концентрації. Основним вуглеводним інгредієнтом їх є водорозчинний галактан, що містить галактозу (D і L-ряду), 3,6-ангідрогалактозу, сірчану кислоту, приєднану до галактану за допомогою складно-ефірного зв'язку. До карагінанів відносять кілька типів родинних полісахаридів, у тому числі агароїд, що одержують з філори та фурцеларан, який виробляється з фурцеларії. Вони мають однотипної будови вуглеводний каркас та відрізняються вмістом 3,6-ангідрогалактози, кількістю і розподілом сульфату [27, 58...61, 62...65].

Для вибору драглеутворювача та його раціональної концентрації в технології пасти закусочної на основі сиру кисломолочного знежиреного

проводили дослідження функціональних властивостей: кінетики міцності та тривалості структуроутворення методом, основанийому на визначенні маси навантаження, необхідної для руйнування структури драглів залежно від концентрації (рис.2.25; 2.26) на приладі Валента за ДСТ 26185-84; температури плавлення та термостійкості розчинів структуроутворювачів методом, основанийому на візуальному визначенні точки плавлення розчинів драглів (рис.2.27; 2.28), кінетики в'язкості структуроутворювачів від температури та концентрації (рис.2.24) на реовіскозиметрі Хеплера.

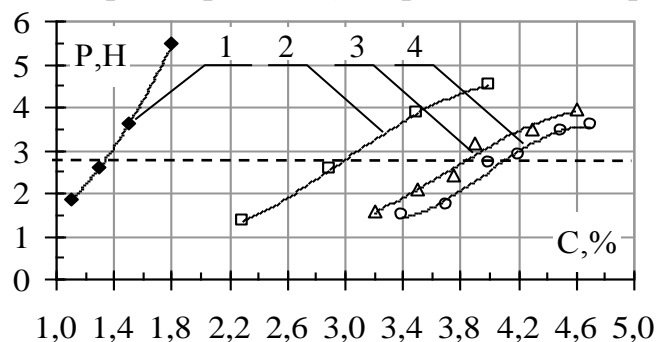


Рис. 2.25 – Залежність міцності розчинів драглів полісахаридів від концентрації:

1-агар; 2- фуцеларан; 3-агароїд; 4-карагінан

Дослідженнями (рис.2.25.) встановлено, що міцність драглів 2,75 Н забезпечується агаром за найменшої концентрації – 1,3 %. Для забезпечення даної міцності драглів фуцеларану в розчині потрібно більше майже в 2 рази, а карагінану та агароїду потрібно більше майже в 3 рази (табл.2.5).

Отже, з аналізу графіків кінетики міцності розчинів полісахаридів (рис.2.25) видно, що для забезпечення відповідної міцності драглів структуроутворювачі можна розташувати в такій послідовності за умови адекватного збільшення концентрації: агар; фуцеларан ; агароїд; карагінан.

Дослідження тривалості структуроутворення драглів полісахаридів різної концентрації (рис.2.26) за температури 20 °С показали, що агар концентрацією 1,3 % має найменший час структуроутворення.

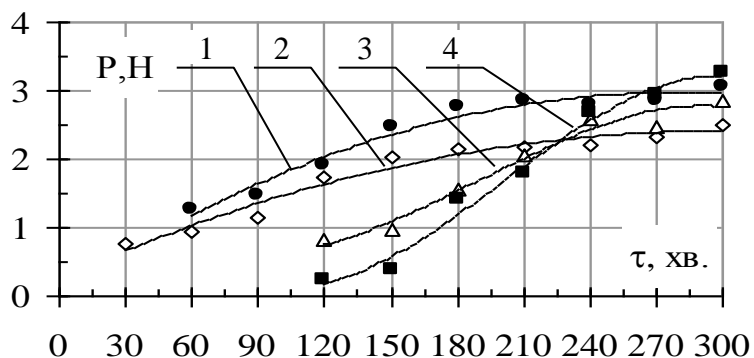


Рис. 2.26– Залежність міцності розчинів драглів полісахаридів від тривалості структуроутворення:

1-фуцеларан; 2-агар; 3-агароїд; 4-карагінан

Як видно з рис.2.26 за температури $20\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, драгли агару концентрацією 1,3 % починають структуруватись через 30 хв., фуцеларану концентрацією 3,0 % – через 60 хв., агароїду та карагінану концентрацією відповідно 4,0 та 4,5 % – через 120 хв. Найшвидше структуруються драгли агару – 180 ± 5 хв. (табл.2.5) найповільніше карагінану – 260 ± 10 хв. Крім того за концентрації 1,3 % та за даних температурних умов фуцеларан, агароїд, карагінан не структуруються зовсім.

Дослідження температури плавлення розчинів драглів (рис.2.27) показали, що агар концентрацією 1,1...2,0 % плавиться в температурному інтервалі $73\text{...}90\text{ }^{\circ}\text{C}$, фуцеларан концентрацією 2,2...3, % плавиться в температурному інтервалі $53\text{...}68\text{ }^{\circ}\text{C}$, агароїд концентрацією 3,3...4,5 % плавиться в температурному інтервалі $48\text{...}60\text{ }^{\circ}\text{C}$, карагінан концентрацією 2,5...4,7 % плавиться в температурному інтервалі $46\text{...}55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

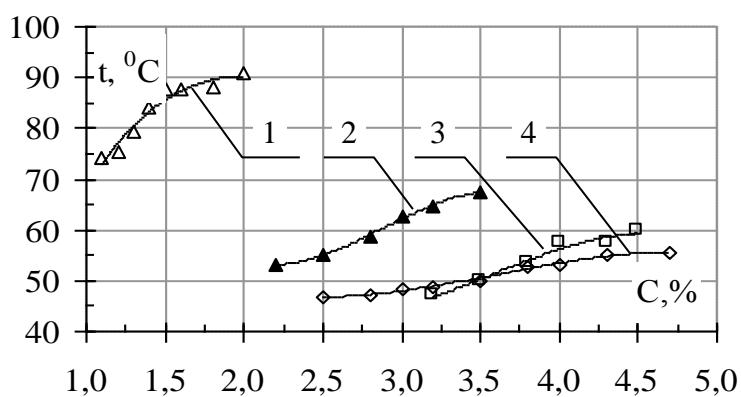


Рис. 2.27 Залежність температури плавлення розчинів драглеутворювачів від концентрації: 1- агар; 2 -фуцеларан; 3-агароїд; 4-карагінан

Дослідження термостійкості розчинів структуроутворювачів (рис.2.28) полісахаридної природи з концентраціями, які забезпечують рівноцінну міцність драглів показали, що найбільш термостійким є агар.

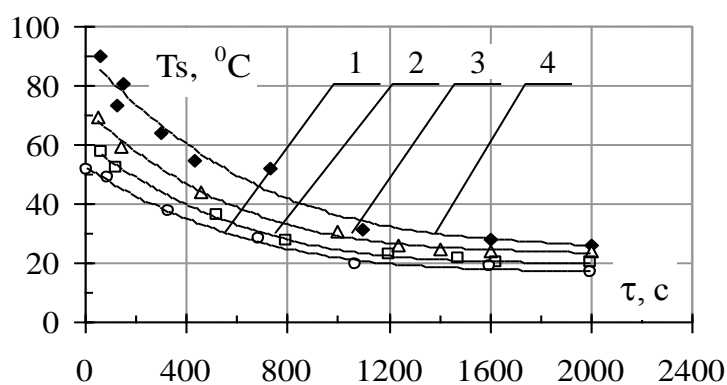


Рис. 2.28 Залежність термостійкості розчинів драглеутворювачів від тривалості структуроутворення: 1-карагінан; 2-агароїд; 3-фуцеларан; 4-агар

Аналізом температур плавлення розчинів полісахаридів підтверджено, що агар концентрацією 1,3 % має температуру плавлення - 80 ± 2 °С, яка практично співпадає з температурою плавлення паст закусочних $-75 \dots 85$ °С. Інші структуроутворювачі мають значно нижчу температуру плавлення фуцеларан концентрацією 2,9 % - 58 ± 1 °С, агароїд концентрацією 3,9 % - 55 ± 1 °С, карагінан концентрацією 4,0 % - 52 ± 1 °С.

За температури 50 ± 2 °С (початок плавлення пасти) термостійкість агару складає 600 ± 10 с, фуцеларану - 360 ± 8 с, агароїду - 200 ± 5 с, карагінану - 50 ± 5 с. Зі зниженням температури до 25 ± 2 °С (початок охолодження пасти) термостійкість збільшується агару на 1400 ± 8 с і складає 2000 ± 8 с, фуцеларану на 1040 ± 5 с і складає 1400 ± 5 с, агароїду на 780 ± 3 с і складає 980 ± 3 с, карагінану на 750 ± 3 с і складає 800 ± 3 с.

3.1.5 Вивчення в'язкості розчинів полісахаридів

Дослідження впливу температури на кінетику динамічної в'язкості драглів: агару, агароїду, фуцеларану, карагінану однакової концентрації $1,3 \pm 0,1$ % (рис.2.29) на віскозиметрі Хеплера показали, що розчин агароїду має найменшу в'язкість, а карагінану найбільшу [66].

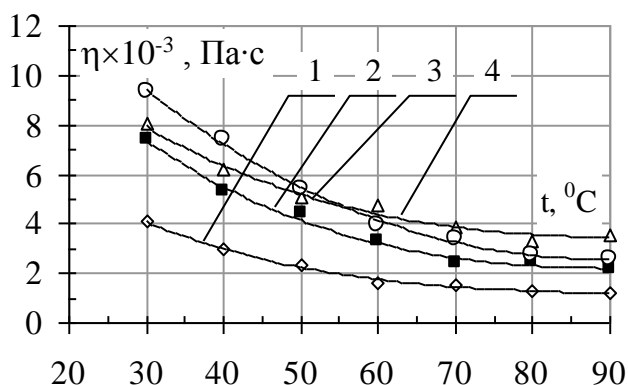


Рис. 2.29. Залежність в'язкості від температури за концентрації $1,3 \pm 0,1\%$ драглів: 1 – агароїд, 2 – агар, 3 – карагінан, 4 – фуцеларан

Встановлено (рис.2.29), що в температурному інтервалі плавлення пасти закусочної 80 ± 5 °С в'язкість розчинів полісахаридів складає: агароїду $1,3 \pm 0,1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, агару – $2,5 \pm 0,2 \cdot 10^{-3}$ Па·с, фуцеларану – $2,8 \pm 0,1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, карагінану – $3,7 \pm 0,2 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

В температурному інтервалі охолодження пасти закусочної 25 ± 2 °С в'язкість агароїду складає $4,1 \pm 0,1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, агару – $7,2 \pm 0,2 \cdot 10^{-3}$ Па·с, фуцеларану – $8,0 \pm 0,5 \cdot 10^{-3}$ Па·с, карагінану – $8,5 \pm 0,5 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

За концентрації агароїду, фуцеларану, карагінану, що забезпечує структуроутворення драглів (рис.2.26) в'язкість драглеутворювачів буде

значно більшою. Тобто агар має меншу в'язкість за рівних умов і менше впливатиме на енерговитрати під час технологічного процесу.

Відомо, що енергія активації характеризує швидкість процесу драглеутворювання, ентальпія характеризує міцність, ентропія характеризує упорядкованість структури [67].

Для розрахунку енергії активації, ентальпії та ентропії у напівлогарифмічних координатах будували графіки (рис.2.30) залежності логарифма в'язкості драглеутворювачів від температури $\ln \eta = f((1/T)*1000)$, що мають чітко прямолінійний характер та визначали $\text{tg}\alpha$ кута нахилу ліній, який характеризує інтенсивність зміни логарифмічних кривих на графіку.

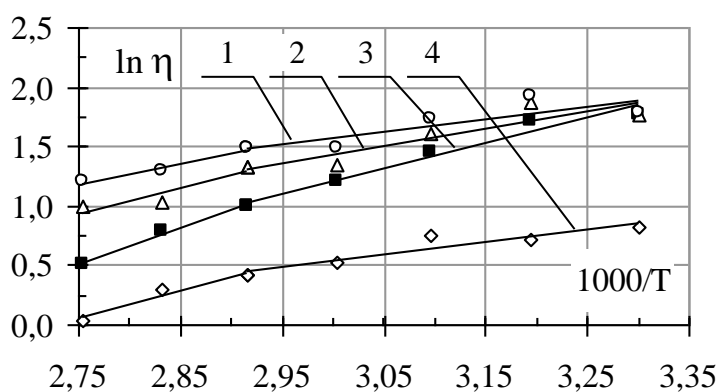


Рис. 2.30 Залежність логарифма в'язкості розчинів драглеутворювачів концентрації 1,3 % від температури: 1-карагінан; 2-фурцеларан; 3-агар; 4-агароїд

Як видно з рис.2.30 графіки мають точку зламу в температурі 70 ± 5 °С, що характеризує ендотермічний процес, який відбувається з деяким поглинанням тепла в інтервалі температур $60 \dots 70$ °С вірогідно внаслідок розривання фізико-механічних та фізико-хімічних зв'язків води з продуктом під час теплової обробки.

Встановлено (рис.2.31), що енергія активації в'язкого плинину агароїду суттєво менша від енергії активації інших драглів однакової концентрації, що вказує на більшу швидкість процесу за відповідної концентрації.

Як видно з графіка (рис.2.31) зменшення температури в діапазоні $90 \dots 30$ °С сприяє збільшенню енергії активації в'язкого плинину. Так в агароїду вона зростає на 2,4 кДж/кг, в агару на 1,8 кДж/кг, у фурцеларану на 1,2 кДж/кг, в карагінану на 0,5 кДж/кг. Отже зменшення швидкості в'язкого плинину характеризує зростання процесу драглеутворення.

Тобто агароїд має більшу драглеутворюючу здатність, а за високих температур під час технологічного процесу з ним легше працювати, ніж з іншими структуроутворювачами.

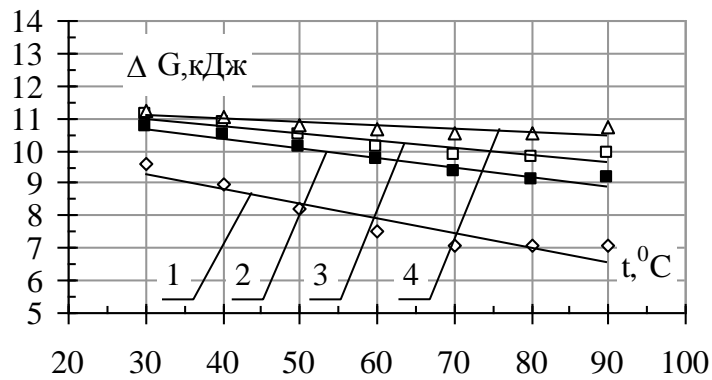


Рис. 2.31. Залежність енергії активації в'язкого плинину розчинів драглеутворювачів за концентрації 1,3% від температури: 1-агароїд; 2-агар; 3-фурцеларан; 4-карагінан

Розрахунками залежності ентальпії в'язкого плинину від температури драглеутворювачів за однакової концентрації (рис.2.32) встановлено, що агар має більше значення ентальпії, ніж інші полісахариди за однакових умов в діапазоні температур 30...60 °C – $18,6 \pm 0,3$ кДж/кг, а в діапазоні 70...90 °C – $24,2 \pm 0,5$ кДж/кг. Карагінан має найменше значення ентальпії в діапазоні температур 30...60 °C – $8,5 \pm 0,3$ кДж/кг, а в діапазоні 70...90 °C – $12,5 \pm 0,2$ кДж/кг.

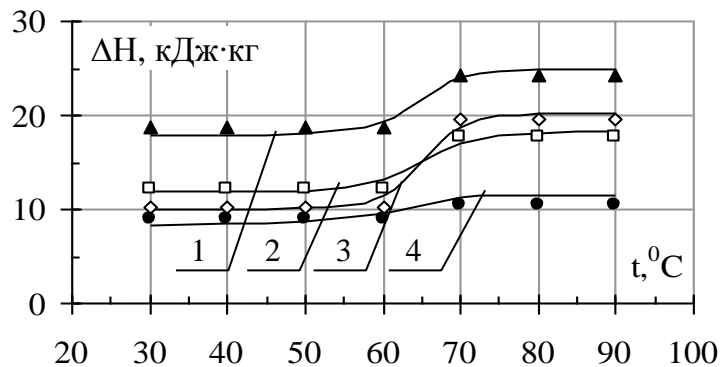


Рис. 2.32 Залежність ентальпії розчинів драглеутворювачів за концентрації 1,3% від температури: 1-агар; 2-фурцеларан; 3-агароїд; 4-карагінан

З аналізу графіків (рис. 2.32) видно, що драглі всіх полісахаридів за температури 70 ± 2 °C мають тенденцію до різкого підвищення ентальпії на: $5,6 \pm 0,3$ кДж/кг агару, $10,1 \pm 0,5$ кДж/кг агароїду, $6,1 \pm 0,2$ кДж/кг фурцеларану, $4,2 \pm 0,1$ кДж/кг карагінану – це вказує на те, що в температурному інтервалі 60...70 °C відбувається ендотермічний процес з інтенсивним поглинанням теплоти під час плавлення, який і призводить до підвищення теплового ефекту, що узгоджується з попередніми дослідженнями. За температури 30 ± 2 °C та концентрації $1,3 \pm 0,1$ % ентальпія агару складає $18,2 \pm 0,3$ кДж/кг, агароїду – $10,1 \pm 0,2$ кДж/кг, фурцеларану – $12,5 \pm 0,5$ кДж/кг, карагінану – $8,5 \pm 0,3$ кДж/кг.

Для уточнення динаміки міцності полісахаридів за однакової температури 30 °С розраховували залежність ентальпії в'язкого плинну розчинів агару, агароїду, фуцеларану та карагінану від концентрації (рис.2.33).

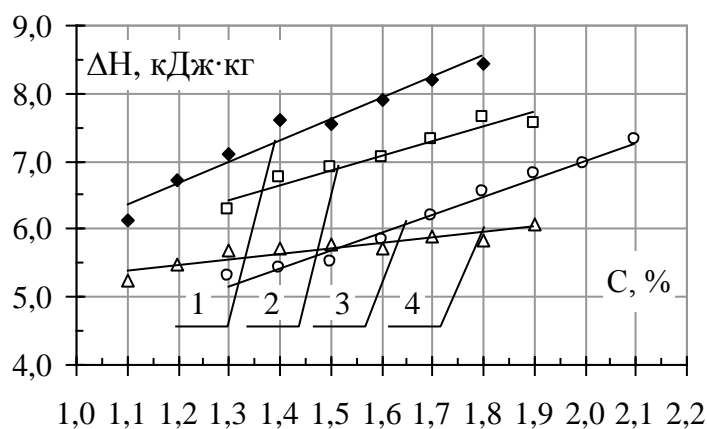


Рис. 2.33. Залежність ентальпії розчинів драглеутворювачів за температури 30°C від концентрації: 1-агар; 2-фуцеларан; 3-агароїд; 4-карагінан

Встановлено (рис.3.33), що ентальпію 7,0 кДж/кг за температури 30 °С мають драглі концентрацією: агар-1,3 %, фуцеларан -1,6 %, агароїд-2,0 % карагінан-2,8 %.

Отже, аналізом графіків значеннями ентальпії драглів від концентрації (рис. 2.10) підтверджено попередні дослідження (рис.2.25), що агар має міцнішу структуру, ніж фуцеларан та агароїд, а карагінан має найменшу ентальпію, а значить і меншу міцність структури за даних умов.

Розрахунками залежності ентропії в'язкого плинну від температури драглеутворювачів за однакової концентрації (рис.2.34), встановлено, що агар має більшу упорядкованість структури порівняно з іншими полісахаридами.

Так за температури 30 ± 2 °С, за однакової концентрації драглеутворювачів ентропія агару складає $0,14 \pm 0,02$ кДж/К і вона менша від ентропії: агароїду на $\sim 0,01$ кДж/К, фуцеларану на $\sim 0,04$ кДж/К, карагінану на $\sim 0,07$ кДж/К.

Дослідженнями кінетики ентропії полісахаридів (рис.2.34) встановлено, що під час охолодження драглів в температурному інтервалі 90...30°C ентропія зменшується в агару на $0,47 \pm 0,1$ кДж/К, в агароїду на $0,50 \pm 0,1$ кДж/К, у фуцеларану на $0,52 \pm 0,1$ кДж/К, у карагінану також на $0,52 \pm 0,1$ кДж/К, а отже відповідно зростає упорядкованість структури драглів.

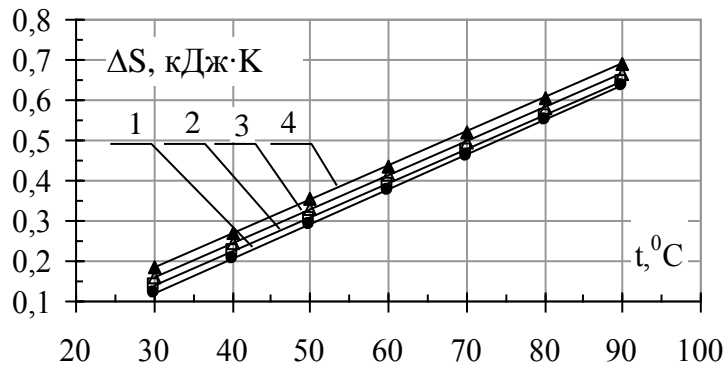


Рис. 2.34 Залежність ентропії розчинів драглеутворювачів концентрації 1,3% від температури: 1-агар; 2-агароїд; 3-фурцеларан; 4-карагінан

Таким чином, дослідженнями кінетики динамічної в'язкості розчинів агару, агароїду, фурцеларану, карагінану однакової концентрації на віскозиметрі Хеплера, як можливих структуроутворювачів пасти закусочної та розрахунками енергії активації в'язкого плинину, ентальпії, ентропії (рис.2.31...2.34) підтверджено, що агар з концентрацією $1,3 \pm 0,1$ % має кращі функціональні характеристики порівняно з іншими полісахаридами.

Агароїд має найменшу в'язкість за даної концентрації, високу драглеутворюючу здатність, але також меншу упорядкованість та міцність структури, що потребує для використання його в рецептурі пасти закусочної більшої концентрації 3,9...4,2 %.

Фурцеларан і карагінан мають також меншу упорядкованість структури і слабку драглеутворюючу здатність, меншу міцність, яка також потребує більшої концентрації відповідно 2,9...3,2 та 3,9...4,1%. Вони мають більшу динамічну в'язкість серед досліджуваних драглів, а значить негативно впливатимуть на енергетичні показники продукту під час технологічного процесу. Крім того вони дорожче коштують, тому погіршують економічні показники готового продукту.

Агар має меншу в'язкість ніж фурцеларан і карагінан, кращу упорядкованість структури та меншу енергію активації в'язкого плинину, тобто більшу швидкість протікання процесу. Крім того агар має більшу міцність вже за концентрації 1,3 % ніж інші полісахариди.

3.1.6. Обґрунтування вибору агару як структуроутворювача

Дослідження функціонально-технологічних властивостей драглів з використанням полісахаридів проводили в межах міцності 2,75 Н аналогу – пасти «Хрещатик». Встановлено, що міцність драглів 2,75 Н забезпечується агаром за найменшої концентрації – $1,3 \pm 0,1$ %. Для забезпечення даної

міцності драглів фуцеларану в розчині потрібно більше майже в 2 рази, а карагінану та агароїду потрібно більше майже в 3 рази (табл. 2.5).

Дослідження температури теплової обробки розчинів драглів показали, що для агару концентрацією 1,1...2,0 % вона лежить в температурному інтервалі 73...90 °С, для фуцеларану концентрацією 2,2...3,5 % – в температурному інтервалі 53...68 °С, для агароїду концентрацією 3,3...4,5 % – в температурному інтервалі 48...60 °С, для карагінану концентрацією 2,5...4,7 % – в температурному інтервалі 46...55 °С.

Таблиця 2.5

Функціонально-технологічні властивості драглів полісахаридів

Найменування	Значення за концентрації, %			
	агар	фуцеларан	агароїд	карагінан
	1,3±0,1	2,9±0,2	3,9±0,3	4,0±0,3
Міцність, Н	2,75±0,5			
Тривалість структуроутворення, ×60 ⁻¹ с	180±3	210±5	240±5	260±8
Температура теплової обробки, °С	80±2	60±1	55±1	52±1
Термостійкість за 50±2°С, с	600±10	360±8	200±5	50±5
за 25±2°С, с	2000±8	1400±5	980±3	800±3

Отже, аналізом температур теплової обробки драглів полісахаридів (табл. 2.5) підтверджено, що для агару за концентрації 1,3±0,1 % вона складає 80±2 °С і практично співпадає з температурою теплової обробки паст закусочних. Інші структуроутворювачі мають значно нижчу температуру теплової обробки фуцеларан за концентрації 2,9±0,2 % – 58±1 °С, агароїд за концентрації 3,9±0,3 % – 55±1 °С, карагінан за концентрації 4,0±0,3 % – 52±1 °С

Дослідження термостійкості драглів полісахаридної природи з концентраціями, які забезпечують рівноцінну міцність показали (табл. 2.5), що найбільш термостійким є агар. За температури 50±2 °С термостійкість агару складає 600±10 с, фуцеларану – 360±8 с, агароїду – 200±5 с, карагінану – 50±5 с. Зі зниженням температури до 25±2°С (охолодження паст) термостійкість збільшується агару на 1400±8 с і складає 2000±8 с, фуцеларану на 1040±5 с і складає 1400±5 с, агароїду на 780±3 с і складає 980±3 с, карагінану на 750±3 с і складає 800±3 с.

Отже, з огляду на кінетику міцності, структуроутворення, температури теплової обробки та термостійкості драглів різної концентрації (табл. 2.5) доведено, що агар за однакових функціонально-технологічних властивостей з іншими полісахаридами має значно меншу концентрацію.

Дослідженнями в'язкості розчинів агару, агароїду, фуруцеларану, карагінану концентрацією $1,3\pm 0,1\%$, як можливих структуроутворювачів паст закусочних та розрахунками енергії активації в'язкого плинину, ентальпії, ентропії (табл. 2.6) підтверджено, що агар з має кращі функціональні характеристики порівняно з іншими полісахаридами.

Таблиця 2.6

Залежність енергії активації в'язкого плинину, ентальпії та ентропії від температури драглів концентрацією $1,3\pm 0,1\%$

Найменування	Показник	Температура, °C						
		30	40	50	60	70	80	90
Агар	Енергія активації кДж/кг	10,6±0,1	10,4±0,1	10,0±0,1	9,8±0,1	9,5±0,1	9,3±0,1	9,0±0,1
Агароїд		9,3±0,2	8,8±0,2	8,4±0,2	7,9±0,2	7,5±0,2	7,0±0,2	6,6±0,2
Фуруцеларан		11,0±0,3	10,8±0,3	10,5±0,3	10,4±0,3	10,2±0,3	9,9±0,3	9,7±0,3
Карагінан		11,1±0,2	10,6±0,2	10,5±0,2	10,6±0,2	10,6±0,2	10,5±0,2	10,5±0,2
Агар	Ентальпія, кДж/кг	17,9±0,1	18,0±0,1	18,2±0,1	19,2±0,1	24,8±0,1	25,0±0,1	25,0±0,1
Агароїд		10,0±0,1	10,0±0,1	11,0±0,1	12,4±0,1	18,6±0,1	20,0±0,1	20,0±0,1
Фуруцеларан		12,3±0,1	12,3±0,1	12,4±0,1	13,0±0,1	17,4±0,1	17,6±0,1	17,6±0,1
Карагінан		8,0±0,1	8,2±0,1	8,3±0,1	10,0±0,1	11,1±0,1	11,2±0,1	11,2±0,1
Агар	Ентропія, кДж/°К	0,12±0,1	0,21±0,1	0,29±0,1	0,38±0,1	0,46±0,1	0,54±0,1	0,62±0,1
Агароїд		0,13±0,1	0,22±0,1	0,3±0,1	0,39±0,1	0,48±0,1	0,56±0,1	0,63±0,1
Фуруцеларан		0,15±0,1	0,24±0,1	0,32±0,1	0,41±0,1	0,5±0,1	0,58±0,1	0,65±0,1
Карагінан		0,18±0,1	0,26±0,1	0,35±0,1	0,44±0,1	0,52±0,1	0,61±0,1	0,68±0,1

За результатами розрахунків табл. 3.6 видно, що в інтервалі плавлення пасти закусочної за температури 80 ± 5 °C енергія активації агароїду складає 7,0 кДж/кг, агару – 9,25 кДж/кг, фуруцеларану – 9,95 кДж/кг, карагенану – 10,55 кДж/кг. в інтервалі охолодження пасти закусочної за температури 30 ± 5 °C енергія активації агароїду складає 9,35 кДж/кг, агару – 10,65 кДж/кг, фуруцеларану – 11,0 кДж/кг, карагенану – 11,05 кДж/кг [27, 68].

Агароїд має найменшу в'язкість за даної концентрації, високу драглеутворюючу здатність, але також меншу упорядкованість та міцність структури, що потребує для використання його в рецептурі паст закусочних більшої концентрації 3,9...4,2%.

Фуруцеларан і карагінан мають також меншу упорядкованість структури і слабку драглеутворюючу здатність, меншу міцність, яка також потребує більшої концентрації відповідно 2,9...3,2 та 3,9...4,1%. Вони мають більшу динамічну в'язкість серед досліджуваних драглів, а значить негативно впливатимуть на енерговитрати під час технологічного процесу. Крім того вони дорожче коштують, тому погіршують економічні показники готового продукту.

Агар має меншу в'язкість ніж фуруцеларан і карагінан, кращу упорядкованість структури та меншу енергію активації в'язкого плинину,

тобто більшу швидкість протікання процесу. Крім того агар має більшу міцність вже за концентрації $1,3 \pm 0,1\%$ ніж інші полісахариди.

Аналіз таблиці 2.6 енергії активації в'язкого плинну драглеутворювачів показав, що агароїд в інтервалі температур 80 ± 5 °C має меншу енергію активації порівняно з агаром на $2,25$ кДж/кг, тобто меншу швидкість в'язкого плинну, а значить більшу драглеутворюючу здатність, енергія активації в'язкого плинну розчину агару менша від фурцеларану на $0,7$ кДж/кг, фурцеларан та карагінан відрізняються між собою на $0,6$ кДж/кг.

Отже, з огляду на характеристики міцності драглів полісахаридів, швидкості процесу в'язкого плинну, упорядкованості структури і динамічної в'язкості та враховуючи концентрації структуроутворювачів, можна припустити, що в рамках робочої гіпотези раціональним за даних умов є агар як структуроутворювач для модельної системи паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного. Введення його в рецептуру дасть можливість додатково коригувати структурно-механічні характеристики для отримання необхідних показників.

2.2. Дослідження впливу рецептурних компонентів на технологічні показники модельної системи паст закусочних

2.2.1 Зміни температури теплової обробки.

Рушійною силою технологічного впливу є нагрівання (рис. 2.35...2.37) рецептурної суміші паст закусочних, білкова компонента якої в наслідок механічного впливу під час перемішування, іонообмінної дії солі-плавителя та теплового впливу переходить у розчинну форму, що забезпечує утворення водно-жирової емульсії в середовищі твердоподібного сильно гідратованого білка.

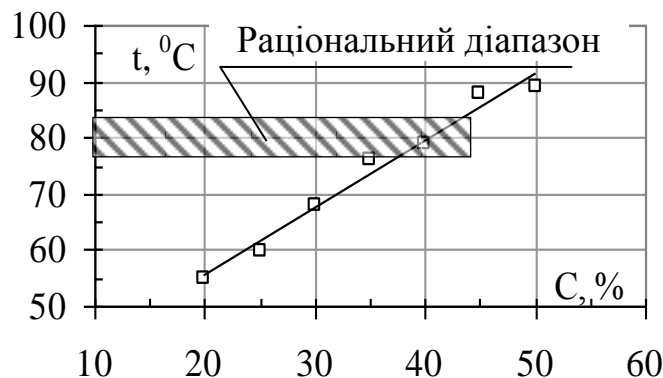


Рис.2.35. Залежність температури теплової обробки модельної системи паст закусочних від вмісту сиру кисломолочного нежирного

Крім того, температура теплової обробки є важливим параметром, що впливає на втрати маси і на кінцеву якість готового продукту за рахунок випаровування води.

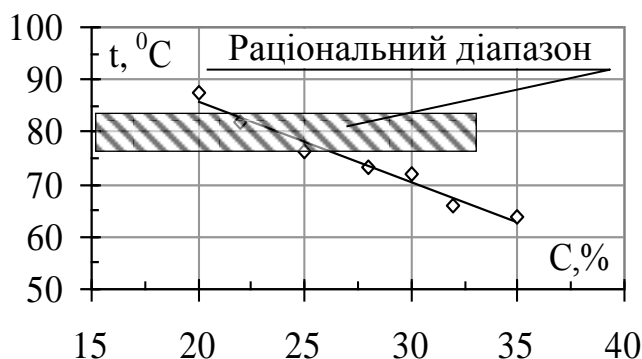


Рис. 2.36. Залежність температури теплової обробки модельної системи паст закусочних від вмісту олії

Враховуючи попередні дослідження паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного (рис. 2.17...2.19, 2.21...2.23), вплив компонентів на температуру теплової обробки (рис. 2.34...2.36) визначали під час нагрівання в температурному інтервалі 55...95°C після структуроутворення [14, 27, 46]. Основні теплові процеси, що протікають в модельній системі паст під час теплової обробки в даному інтервалі характеризують підвищення гідратаційної здатності білка під впливом температури та часткове видалення води, слабо зв'язаної з білком. Дослідження проводили, змінюючи концентрацію одного з основних рецептурних компонентів і фіксуючи інші в межах раціональних значень.

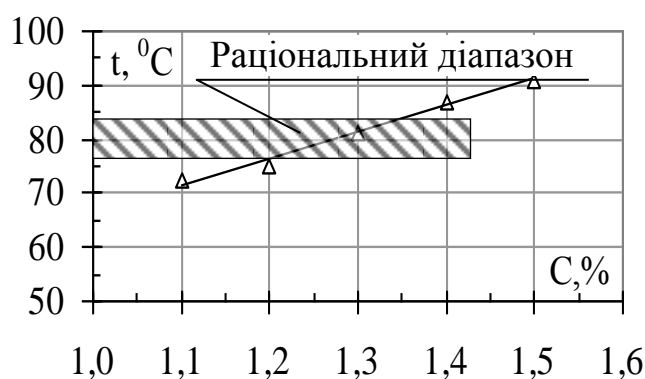


Рис. 2.37. Залежність температури теплової обробки модельної системи паст закусочних від вмісту агару

Збільшення концентрації сиру кисломолочного на 10 % (рис. 2.35) підвищує температуру теплової обробки паст закусочних на 12 ± 3 °C; збільшення концентрації олії на 10 % (рис. 2.36) знижує температуру теплової обробки паст закусочних на 8 ± 2 °C; збільшення концентрації агару на 0,1 % (рис. 2.37) підвищує температуру теплової обробки паст закусочних на 11 ± 0 °C.

Варто зазначити, що збільшення вмісту рецептурних компонентів модельної системи паст закусочних: сиру кисломолочного в діапазоні 20...50 % підвищує температуру теплової обробки з 55 ± 2 до 90 ± 2 °С, агару в діапазоні 1,1...1,5 % – підвищує температуру теплової обробки з 73 ± 2 до 90 ± 2 °С, олії в діапазоні 20...35 % – знижує температуру теплової обробки з 85 ± 2 до 63 ± 2 °С.

В середньому за вмісту основних компонентів модельної системи продукту в межах раціональних концентрацій температура теплової обробки модельної системи паст закусочних складає 80 ± 2 °С.

2.2.2 Зміни тривалості структуроутворення.

Дослідження впливу основних рецептурних компонентів паст закусочних на тривалість структуроутворення залежно від вмісту кожного інгредієнта (рис. 2.37; 2.38, 2.39) проводили за температури 20 ± 2 °С, за допомогою статичного навантаження [68], фіксуючи при цьому вміст інших основних компонентів на підставі раніше проведених аналітичних та експериментальних досліджень (рис. 2.3, 2.16...2.19, 2,34...2.36).

Встановлено, що збільшення вмісту сиру кисломолочного нежирного в рецептурі модельної системи паст закусочних від 30 до 50 % зменшує тривалість структуроутворення за температури 20 ± 2 °С, від $(120\pm 2)\times 60$ с до $(70\pm 2)\times 60$ с (рис. 3.38).

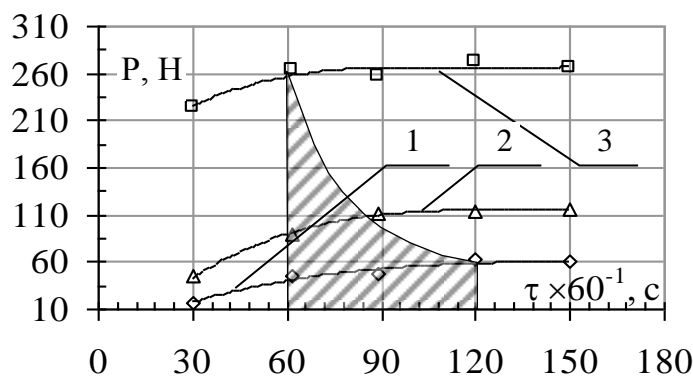


Рис. 2.38. Залежність міцності модельної системи паст закусочних від тривалості структуроутворення за вмісту сиру кисломолочного нежирного: 1 – 30%; 2 – 40%; 3 – 50%

Модельна система паст закусочних за вмісту сиру кисломолочного нежирного 30 % починає структуруватись через $(120\pm 2)\times 60$ с, за вмісту 40 % – через $(90\pm 2)\times 60$ с, за вмісту 50% – через $(70\pm 2)\times 60$ с.

Збільшення вмісту олії в рецептурі в межах 20...30 % призводить до збільшення тривалості структуроутворення модельної системи паст закусочних від $(100\pm 2)\times 60$ с до $(120\pm 2)\times 60$ с (рис. 2.39).

Модельна система паст закусочних починає структуруватись за вмісту олії: 20 % через $(100\pm 2)\times 60$ с, 25 % – через $(120\pm 2)\times 60$ с, 30 % – через $(130\pm 2)\times 60$ с.

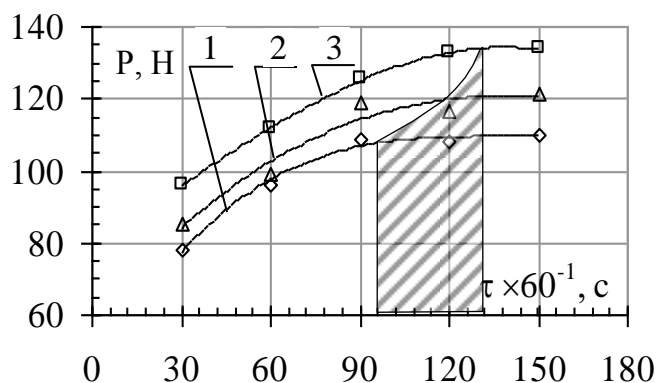


Рис. 2.39. Залежність міцності модельної системи паст закусочних від тривалості структуроутворення за вмісту олії: 1 – 20 %, 2 – 25 %, 3 – 30 %

Встановлено, що введення в рецептуру модельної системи паст закусочних агару суттєво скорочує тривалість структуроутворення. Аналізом графіків (рис. 2.40) доведено, що за температури $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, модельна система паст закусочних починає структуруватись за вмісту агару: $1,1\pm 0,1\%$ через $(90\pm 2)\times 60$ с, $1,3\pm 0,1\%$ – $(70\pm 2)\times 60$ с, $1,5\pm 0,1\%$ – $(50\pm 2)\times 60$ с.

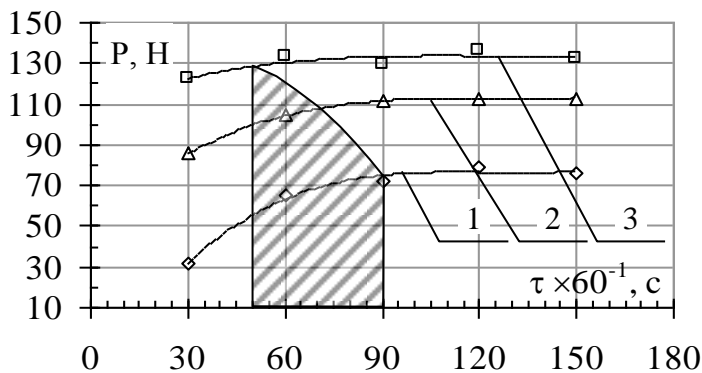


Рис. 2.40. Залежність міцності модельної системи паст закусочних від тривалості структуроутворення за вмісту агару: 1 – 1,1%, 2 – 1,3%, 3 – 1,5%

Отже, основні рецептурні компоненти концентрацією: сир $40\pm 2\%$, агар $1,3\pm 0,1\%$ та олія $25\pm 1\%$ в цілому забезпечують тривалість структуроутворення модельної системи паст закусочних протягом $(90\pm 5)\times 60$ с.

2.3 Обґрунтування параметрів теплової обробки модельної системи паст закусочних

2.3.1 Дослідження температури та тривалості обробки

Більшість фізичних та хімічних процесів супроводжується поглинанням (ендотермічне перетворення) або виділенням тепла (екзотермічне перетворення), причому деякі з них можуть проходити як у прямому, так і зворотному напрямках: плавлення–кристалізація, кипіння–конденсація, поліморфні перетворення. Усі ці процеси можна вивчати, фіксуючи зміни маси та температури зразка [69...72].

Визначення кінетичних параметрів ендотермічних процесів (рис. 2.41), що відбуваються зі зміною маси за неізотермічних умов, здійснювали за допомогою диференціальної термогравіметрії (ДТГ) і диференціального термічного аналізу (ДТА) на дериватографі. В основу цих методів покладено припущення, що в умовах постійної швидкості нагрівання, значення ступеня зміни маси чи поглинання тепла системою в області фіксованого початку і максимального розвитку процесу, пропорційні константі швидкості перетворення для кожного значення температури [72].

Експериментальні дослідження втрат вологи, що має різні форми зв'язку з білком, проводили на основі аналізу кривих зміни маси (ТГ), диференціальної термогравіметрії (ДТГ і ДТА) та температури (Т) за таких умов зйомки: наважка моделі паст 180 ± 2 мг, швидкість нагрівання зразків 5 ± 1 град/60 с за неізотермічних умов, спай терморпари поміщений у зразок.

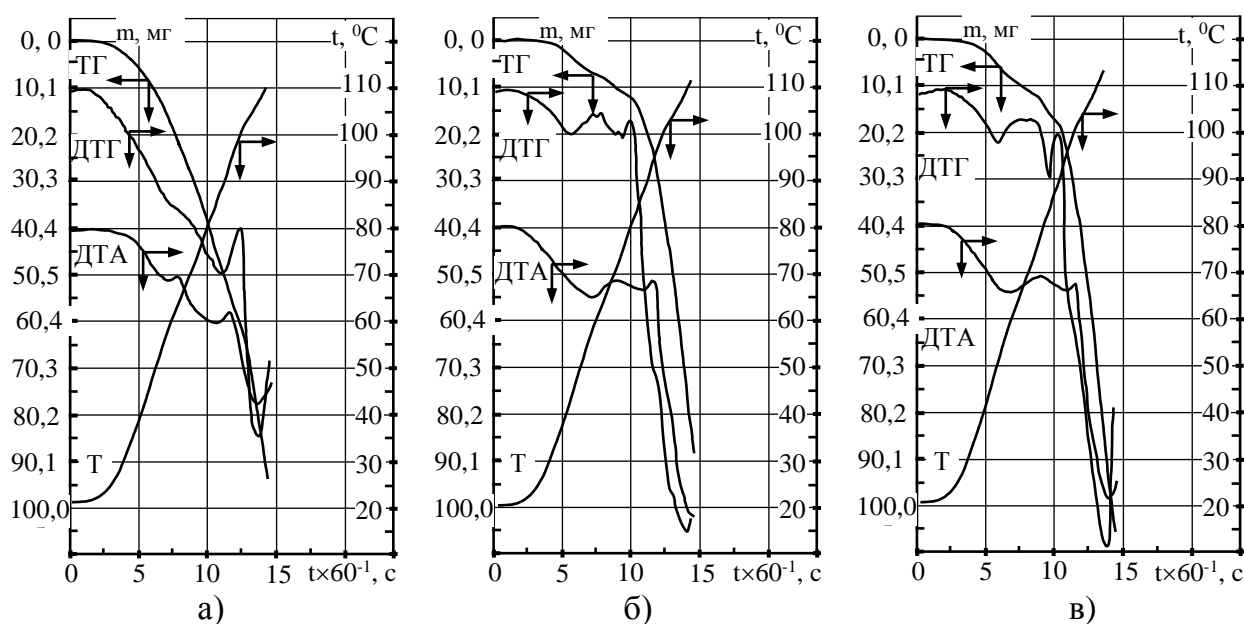


Рис. 2.41. Залежність втрати маси (ТГ), швидкості втрати маси (ДТГ), теплових ефектів (ДТА) за неізотермічних умов від тривалості теплової обробки модельної системи та температури (Т) за вмісту цитрату натрію: а – 1%, б – 2%, в – 3%

Піки кривої ДТГ (рис. 2.41) вказують на процеси, які відбуваються зі зменшенням маси. Можна припустити, що втрата маси дослідних зразків пов'язана з видаленням води з модельної системи паст закусочних в наслідок теплового впливу. Криві ДТГ та ДТА спрямовані у бік зменшення температури, тобто можна вважати, що процес є ендотермічним

Отже, встановлено, що процес розкладання усіх зразків білкової основи паст закусочних відбувається ендотермічно в три стадії з втратою маси внаслідок випаровування води. На кривих зафіксовано по три ендоефекти, положення яких для кожного зразка різне в залежності від вмісту основних компонентів [71, 72].

Кожна стадія характеризує відповідний процес, який відбувається в модельної системи паст закусочних під дією температурного впливу. Перша стадія (температура $55 \pm 1^{\circ}\text{C}$) характеризує початок процесу теплової обробки, друга (температура $82 \pm 2^{\circ}\text{C}$) – завершення процесу теплової обробки, третя (температура $110 \pm 3^{\circ}\text{C}$) – процес руйнування структури через значні втрати води внаслідок її інтенсивного випаровування.

Максимальні значення (піки) температур, які характеризують стадії термічного розкладання зразків модельної системи паст закусочних, наведено в табл.2.7.

Порівняльний аналіз термоаналітичних кривих (ТГ, ДТГ, ДТА) зразків з різним вмістом цитрату натрію показав, що швидкість процесу розкладання білкової основи паст закусочних з концентрацією цитрату натрію $1 \pm 0,1\%$ суттєво вища на першій та другій стадії (початок та кінець процесу теплової обробки) ніж за концентрації цитрату натрію $2 \pm 0,1\%$ і $3 \pm 0,1\%$ [71].

Таблиця 2.7

Характеристика стадій розкладення зразків модельної системи паст закусочних

Вміст цитрату, %	Положення максимумів ДТГ, $^{\circ}\text{C}$		
	1 стадія	2 стадія	3 стадія
$1,0 \pm 0,1$	65 ± 1	88 ± 2	105 ± 3
$2,0 \pm 0,1$	58 ± 1	85 ± 2	108 ± 3
$3,0 \pm 0,1$	61 ± 1	94 ± 2	110 ± 3

На всіх стадіях розкладення експериментальних зразків відбувається втрата маси внаслідок випаровування води. Найбільші втрати маси спостерігаються для зразка з концентрацією цитрату натрію $1,0 \pm 0,1\%$ на першій та другій стадіях і досягають до $11,0 \pm 0,5\%$ (19,8 мг). Втрати маси для зразків з концентрацією цитрату натрію $2,0 \pm 0,1\%$ і $3,0 \pm 0,1\%$ значно менші та відповідно складають на першій стадії $2,1 \pm 0,5\%$ (3,6 мг) і $2,6 \pm 0,5\%$ (4,7 мг)

на другій стадії $3,2 \pm 0,5$ % (5,15 мг) і $4,4 \pm 0,5$ % (8 мг). Тобто більш термо-стабільним є зразок модельної системи паст закусочних з концентрацією цитрату натрію $2,0 \pm 0,1$ %.

Під час нагрівання в температурному інтервалі $30 \dots 58$ °С (I діапазон) інтенсивність виділення води з білкової основи паст закусочних з концентрацією цитрату натрію $1,0 \pm 0,1$, $2,0 \pm 0,1$, $3,0 \pm 0,1$ % відповідно складає $6,2 \pm 0,4$; $2,6 \pm 0,2$; $2,4 \pm 0,2$ %. Це може бути не зв'язана вода, яка знаходиться в порожнинах системи.

В температурному інтервалі $50 \dots 75$ °С (II діапазон) інтенсивність виділення води змінюється і становить відповідно $8,8 \pm 0,5$ %; $3,5 \pm 0,2$ %; $2,2 \pm 0,2$ %. Це може бути механічно зв'язана вода, яка знаходиться в комірках кисломолочного згустку, що утворюється в результаті коагуляції казеїну та формування з жирових кульок з'єднувальних містків між білковими стромами.

В температурному інтервалі $75 \dots 90$ °С (III діапазон) спостерігається значний ендотермічний пік, який відображає теплові процеси, що відбуваються в модельній системі паст під час теплової обробки і характеризують підвищення гідратаційної здатності білка під впливом температури та часткове видалення води слабо зв'язаної з білком. Інтенсивність виділення води відповідно становить $7,2 \pm 0,4$; $3,2 \pm 0,2$; $2,2 \pm 0,2$ %.

Під час нагрівання білкової основи паст закусочних вище 90 °С інтервалі $105 \dots 110$ °С (IV діапазон) на кривих ДТА і ДТГ спостерігається глибокий ендотермічний пік, який відображає теплові процеси, що характеризують видалення води з різними формами зв'язку в наслідок руйнування білкової системи. Очевидно, в цих температурних інтервалах відбувається видалення води, яка зв'язана адсорбційними центрами колоїдної системи. Інтенсивність виділення води при цьому відповідно складає $18,2 \pm 0,5$; $26,9 \pm 0,5$; $33,0 \pm 0,5$ %.

Між першими двома ендопіками (табл. 2.7) відбувається деяке уповільнення втрати вологи в наслідок її зв'язування білком під дією температури. При цьому енергія, що підводиться до зразків, витрачається на протікання деструкційних процесів у суміші модельної системи паст закусочних. Це підтверджується наявністю трьох ендотермічних піків поглинання тепла у вказаних інтервалах температур на кривій ДТГ. З урахуванням величини втрат маси за відповідної температури T процес дегідратації модельної системи кількісно оцінювали розрахунком енергії активації E (рис.2.42). Для розрахунку енергії активації, обробки експериментальних даних з термоаналітичних кривих (ТГ, ДТГ, ДТА) зразків з різним вмістом

цитрату натрію у напівлогарифмічних координатах будували графіки залежності втрат маси від температури $\ln m - 2 \ln T = f(1000/T)$ (рис. 2.42).

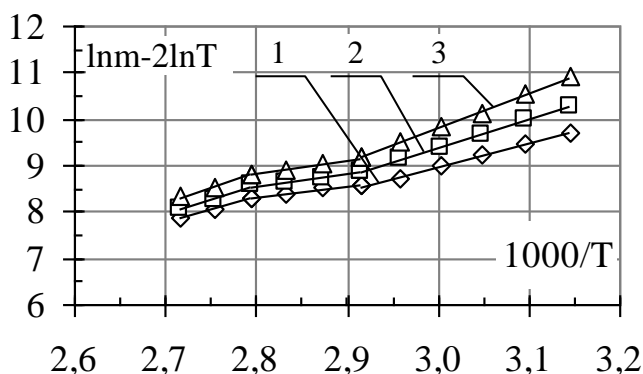


Рис. 2.42. Логарифмічна залежність втрат маси від температури модельної системи паст з різним вмістом цитрату натрію: 1 – 1,0 %, 2 – 2,0 %, 3 – 3,0 %

На графіках точки зламу співпадають з температурами першого та другого ендопіків (початку та кінця процесу теплової обробки) кривої ДТГ різних зразків. З даних графіків визначали температурні інтервали, що характеризують певну енергією активації. Для її визначення з графічної залежності $\ln m - 2 \ln T$ від $1000/T$, яка має чітко виражений прямолінійний характер, знаходили тангенси кута нахилу ліній, і розраховували енергію активації.

Отримані термографічні дані підтверджують, що збільшення концентрації цитрату натрію в модельній системі паст закусочних підвищує енергію зв'язку молекул води з білком (рис.2.43). Зразок суміші модельної системи з концентрацією цитрату натрію $2,0 \pm 0,1$ % має більшу енергію активації порівняно з іншими зразками що вказує на його більшу термостабільність [71...73].

Розраховане значення величин уявної енергії активації процесу теплової обробки характеризує величину зв'язування вологи білкової основи паст закусочних з різним вмістом цитрату натрію: $1,0 \pm 0,1$, $2,0 \pm 0,1$, $3,0 \pm 0,1$ %, що за неізотермічних умов дослідження відповідно складає $24,6 \pm 1$; $33,2 \pm 1$; $31,5 \pm 1$ кДж/моль.

Отримані результати корелюються з величинами теплових ефектів для температурного інтервалу проведення процесу та узгоджуються з дослідженнями молекулярної рухливості води на імпульсному спектрометрі ЯМР [74...78] (рис. 2.13,) з рентгенівськими дослідженнями (рис.2.14) упорядкованості структури білкової основи паст закусочних [41, 42].

Максимуми ендопіків на кривих ДТА і ДТГ співпадають, це означає, що за даних температур відбувається реакція, яка призводить не до хімічного

або фізичного перетворення білка, а до розривання фізико-механічних та фізико-хімічних зв'язків вологи з білковою основою.

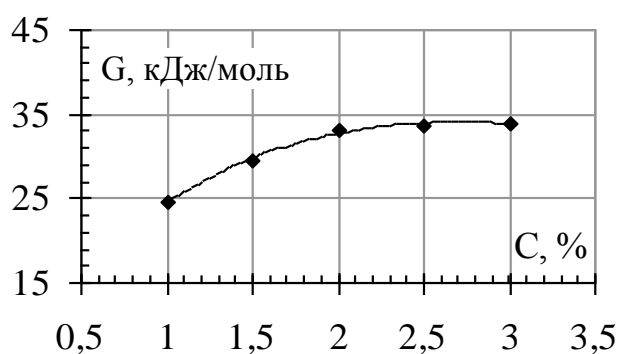


Рис. 2.43. Залежність енергії активації від концентрації цитрату натрію в модельній системі паст

З метою визначення динаміки втрат вологи, що має різні форми зв'язку з білком [71] під час теплової обробки в модельній системі паст закусочних з різним вмістом агару оцінку маси кінетично нерівноцінних молекул води здійснювали за експериментальними кривими методом термогравіметрії (ДТГ) і диференціального термічного аналізу (ДТА) за неізотермічних (рис. 2.44, 2.45) та ізотермічних умов (рис. 2.49, 2.50).

За допомогою дериватограми модельної системи паст закусочних можна визначити характеристичні температури ступенів дегідратації, деструкції білкових речовин (рис. 3.46, 3.47) і температурні інтервали стійкості проміжних з'єднань підтверджені піками ендотермічних ефектів, що супроводжуються випарюванням вологи і можливим виділенням газоподібних фракцій.

Під час нагрівання в температурному інтервалі $35...55$ °С (I діапазон – початок поліморфних перетворень білка) виникає ендотермічний пік у всіх зразках, що відображає теплові процеси, які відбуваються в модельній системі паст під час інтенсивного виділення води. Внаслідок теплового впливу втрати води модельною системою паст закусочних без агару та з агаром концентрацією $1,1\pm 0,1$, $1,3\pm 0,1$, $1,5\pm 0,1$ % відповідно складають $11,0\pm 0,5$; $5,8\pm 0,3$; $4,8\pm 0,2$; $3,2\pm 0,2$ %. Це може бути вільна не зв'язана або механічно зв'язана вода, яка знаходиться в порожнинах системи.

В температурному інтервалі $55...75$ °С (II діапазон – основний діапазон теплової обробки для модельної системи паст) виникає ендотермічний пік в зразках без агару за температури 70 ± 2 °С, а за концентрації агару $1,1\pm 0,1\%$ за температури 75 ± 2 °С, який відображає теплові процеси, що відбуваються в модельній системі паст під час теплової обробки. Інтенсивність виділення води відповідно до концентрації агару змінюється і становить $7,6\pm 0,5$; $5,9\pm 0,5$; $4,4\pm 0,2$; $3,7\pm 0,2$ %. Це може бути частина механічно зв'язаної води,

яка знаходиться в комірках білокмісткої компоненти, та осмотично зв'язана вода під час формування емульсії.

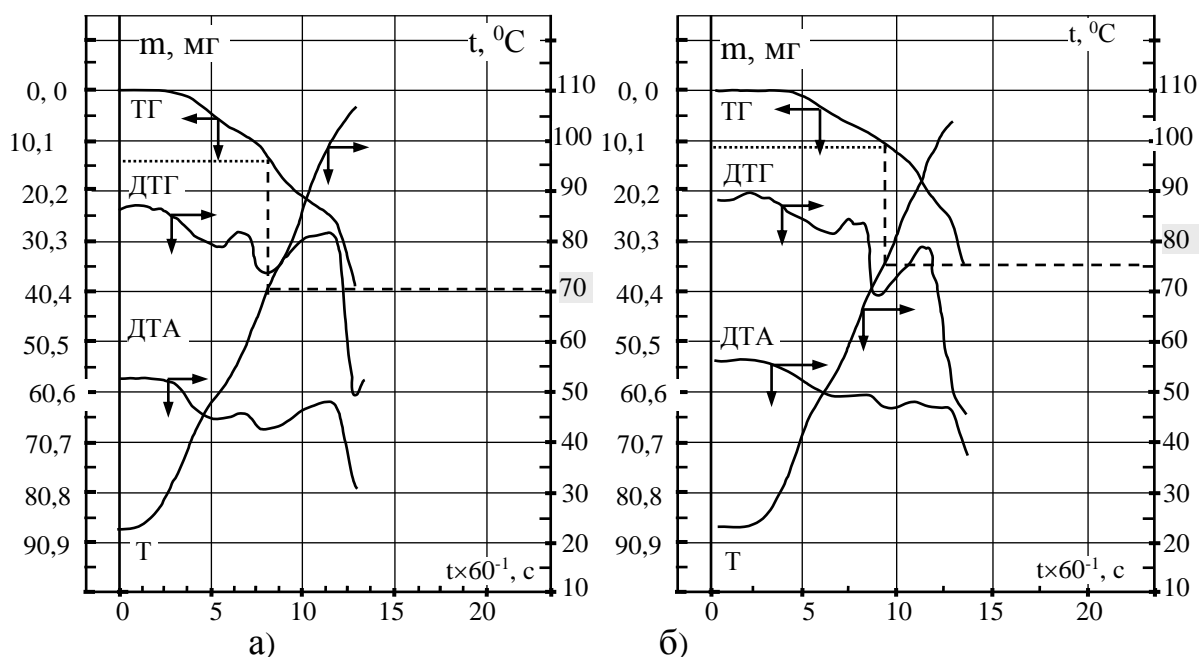


Рис. 2.44. Залежність втрати маси (ТГ), швидкості втрати маси (ДТГ), теплових ефектів (ДТА) за неізотермічних умов від тривалості теплової обробки модельної системи за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40%, олії 25%, агару: а – 0,0%, б – 1,1%

В температурному інтервалі 56...86 °С (II діапазон – основний діапазон теплової обробки для модельної системи паст за концентрації агару 1,3...15 %) на кривій ДТА виникає ендотермічний пік в зразках з вмістом агару $1,3 \pm 0,1$ % за температури 80 ± 2 °С і за концентрації $1,5 \pm 0,1$ % за температури 85 ± 2 °С, який відображає теплові процеси, що відбуваються в модельній системі паст під час завершення процесу теплової обробки і характеризують підвищення гідратаційної здатності білка під впливом температури та часткове видалення адсорбційно зв'язаної води, що слабо зв'язана з білком. Інтенсивність втрат води відповідно до концентрації агару становить $10,2 \pm 0,5$; $5,4 \pm 0,2$; $4,3 \pm 0,1$; $3,4 \pm 0,1$ %.

В температурному інтервалі 95...115 °С (III діапазон – деструктивних змін для модельної системи паст з будь-якою концентрацією агару) виникає глибокий ендотермічний пік в усіх зразках, який відображає теплові процеси, що відбуваються в модельній системі паст під час руйнування структури білка з виділенням газоподібних фракцій.

Для одержання даних про механізм видалення вологи по кривій ТГ розраховували ступінь змін маси α (рис. 2.46) і будували залежність $|\lg \alpha|$ від величини зворотної температури $1000/K$ (рис. 2.47), яка виконувалась для інтервалу 55...95 °С, тому що саме в цьому діапазоні найбільш інтенсивно

проходять процеси дегідратації модельної системи паст закусочних про що свідчать ендоефекти на графіках дериватограм (рис.2.44, 2.45).

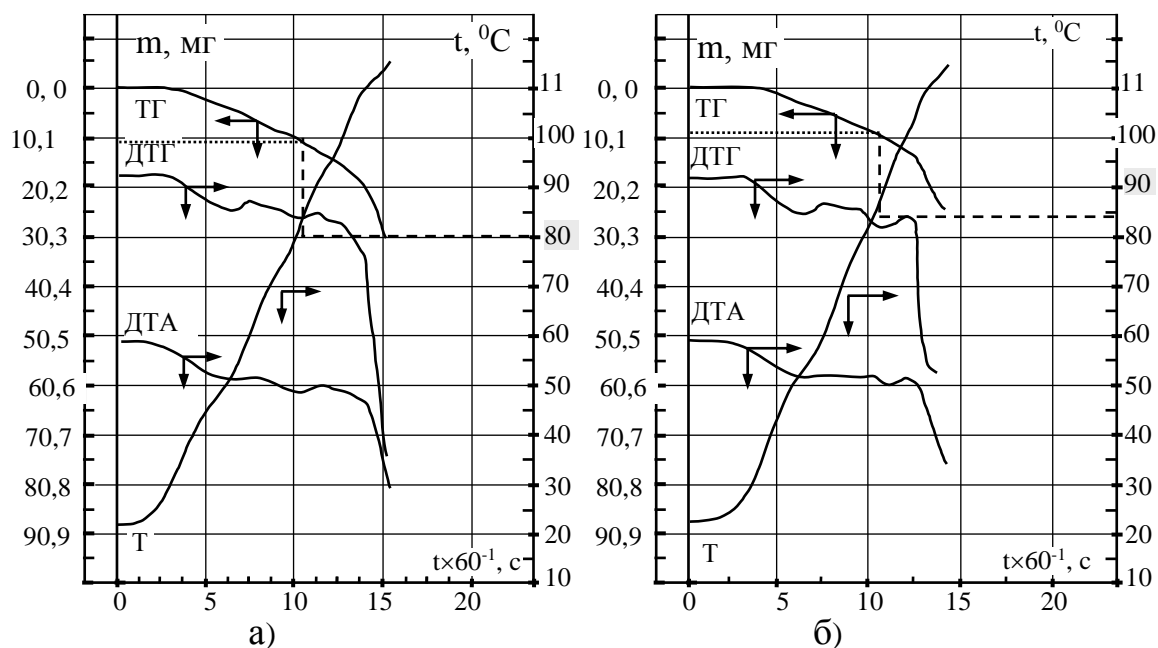


Рис. 2.45. Залежність втрати маси (ТГ), швидкості втрати маси (ДТГ), теплових ефектів (ДТА) за неізотермічних умов від тривалості теплової обробки модельної системи за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40 %, олії 25 %, агару: а – 1,3 %, б – 1,5 %

Швидкість зміни маси, що відповідає процесу дегідратації, використовували для одержання залежності зміни маси від температури. Для цього по кривій ТГ для постійних температурних інтервалів у 5°C знаходили зміну маси Δm_1 зразка, що відповідає кількості води, що вивільняється, за даної зміни температури.

Ступінь зміни маси α (рис. 2.46) розраховували як відношення Δm_1 до загальної кількості води, що міститься в модельній системі, видаленої наприкінці процесу дегідратації за кривою ДТГ. Загальна втрата маси під час нагрівання до 95°C паст закусочних без агару (зразок 1) складає 15,5 %, за концентрації агару 1,1 % (зразок 2) – 14,85 %, 1,3% (зразок 3) – 12,5 % та 1,5 % (зразок 4) – 9,92 % .

Отримані криві ТГ у координатах α -t (рис. 2.46) мають S-подібний вигляд, що характеризує форми взаємодії води і сухих речовин паст закусочних з різною концентрацією агару і, як результат цих взаємодій, розходження у швидкості вивільнення води під час теплової обробки. Отже, криві залежності зміни маси модельної системи паст закусочних від температури дозволяють вивчити кінетику нерівноцінних форм зв'язку вологи і відбивають різну швидкість дегідратації готового продукту.

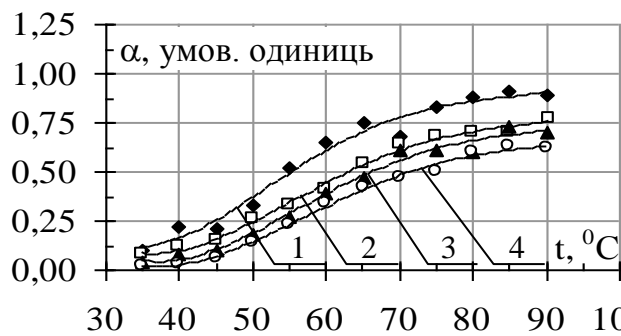


Рис. 2.46. Залежність ступеню змін маси в модельній системі паст закусочних від температури за вмісту агару : 1 – 0,0 %, 2 – 1,1 %, 3 – 1,3 %, 4 – 1,5 %

На першій стадії, за температури 310...323⁰ К (рис. 2.47 ділянка *АВ*) відбувається видалення «вільної» чи механічно зв'язаної (капілярної) вологи, що має невисоку енергію зв'язку із продуктом. Спочатку вивільнюється вода, що утворює структурну сітку молекул води, зв'язаних між собою водневими зв'язками. При цьому десорбція капілярної води характеризується більш низькими величинами енергії активації порівняно з водою, що вивільнюється на другій стадії процесу. На другій стадії (ділянка *БВ*), у процесі нагрівання за температури 323...358⁰ К, частина осмотично та імобілізаційно зв'язаної вологи, що утримується в замкнених осередках білкових міцел, вивільнюється внаслідок розгортання їхніх поліпептидних ланцюгів у результаті порушення міцелярних і гідрофобних взаємодій білків з водою.

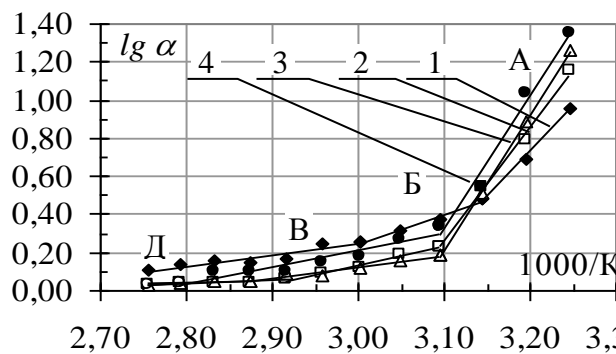


Рис. 2.47. Залежність логарифма ступеню змін маси модельної системи паст закусочних від температури за вмісту агару: 1 – 0,0%, 2 – 1,1%, 3 – 1,3%, 4 – 1,5%

В інтервалі температур 358...363⁰К на третій стадії (ділянка *ВД*) починається вивільнення незначної частини слабо зв'язаної адсорбційної вологи полімолекулярних шарів усередині часток модельної системи. Вода, що при цьому виділяється, утворює кілька наступних шарів молекул більш міцно зв'язаних з білком модельної системи паст закусочних.

За температури 363...388⁰К ймовірно відбувається деструкція білкових речовин модельної системи паст закусочних, що супроводжується закінченням інтенсивної втрати маси. Глибокий пік ендотермічного ефекту за температури 388 К, вірогідно характеризує процес вивільнення молекул

міцно зв'язаної адсорбційної вологи і хімічно зв'язаної вологи з виділенням газоподібних фракцій та руйнуванням структури білка.

Отже, під час нагрівання за неізотермічних умов температурний інтервал видалення слабо зв'язаної вологи приблизно однаковий і в зразку без агару складає $35...45\text{ }^{\circ}\text{C}$ у інших зразках знаходиться в діапазоні $35...50\text{ }^{\circ}\text{C}$, температурний інтервал видалення осмотично зв'язаної вологи зі збільшенням вмісту агару: $0,0$; $1,1\pm 0,1$; $1,3\pm 0,1$; $1,5\pm 0,1\%$ відповідно зростає і складає $45...68\text{ }^{\circ}\text{C}$, $50...72\text{ }^{\circ}\text{C}$, $50...80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $50...85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Інтервал температур, що характеризує видалення адсорбційно зв'язаної вологи зі зростанням концентрації агару відповідно скорочується і складає $68...90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $72...90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $80...90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $85...90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Маса зразка різко знижується тільки за температури вище $95\text{ }^{\circ}\text{C}$, що можна пояснити складністю макромолекулярної структури модельної системи паст закусочних, очевидно, внаслідок введення в рецептуру агару, що забезпечує більш високий рівень зшивки макромолекул (рис. 2.48) і уповільнює процес дегідратації [70, 71]. За температури вище $115\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ спостерігається повне розкладання модельної системи паст закусочних з деструкцією білка і втратою всієї вологи, що міститься в системі.

Мікрофотографією (рис. 2.48 а) мікроструктури модельної системи паст закусочних під час теплової обробки підтверджено, що після введення агару утворюється структурна сітка, яка після наступних $(2\pm 1)\times 60\text{ с}$ теплової обробки візуально майже не спостерігається (рис. 3.48 б), очевидно внаслідок зшивки з макромолекулами білка. На мікрофотографіях стрілки 1, 2 вказують на елементи структурного каркасу, утвореного агаром.

Таким чином, аналіз отриманих даних дозволив встановити температурні зони, що характеризують три стадії випарювання вологи (рис. 2.48) з різною енергією, яка утворюється під час теплової обробки паст закусочних від концентрації агару.

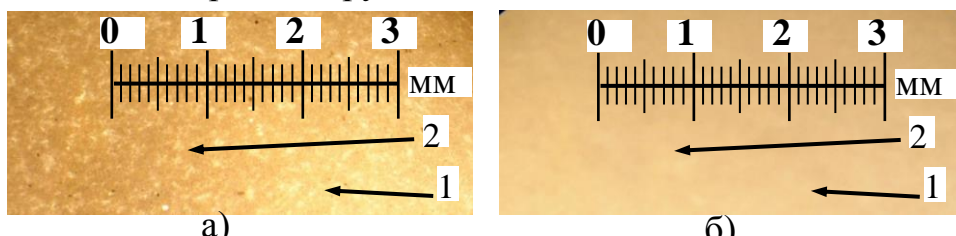


Рис. 2.48. Мікрофотографії структури модельної системи паст закусочних під час теплової обробки: а – після внесення агару, б – через $(2\pm 1)\times 60\text{ с}$

З аналізу дериватогам (рис. 2.49, 2.50) встановлено, що агар підвищує температуру теплової обробки з $75\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за концентрації $1,0\pm 0,1\%$ до $95\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за концентрації $1,5\pm 0,1\%$, що узгоджується з попередніми дослідженнями

(рис. 2.29), а також зменшує втрати вологи з продукту на 1,5...3 % під час теплової обробки за рахунок утримування її в білковому каркасі (рис.3.48).

Для визначення раціональної тривалості процесу теплової обробки зразків з різним вмістом агару термогравіметричні дослідження проводили за ізотермічних умов (рис.2.49, 2.50), прийнявши максимальну температуру теплової обробки 90 ± 2 °С за наслідками попередніх досліджень (рис.2.44, 2.45).

Як показали дослідження, за ізотермічних умов процес втрати маси в наслідок випаровування води протягом теплової обробки в усіх зразках модельної системи паст закусочних відбувається ендотермічно в дві стадії.

На кривих ДТГ зафіксовано по два ендоефекти в температурних інтервалах відповідно до вмісту агару в рецептурі паст: за концентрації 0,0 % – 45 і 72 °С; 1,1 % – 50 і 75 °С; 1,3 % – 50 і 78 °С; 1,5 % – 50 і 80 °С [146, 147, 203].

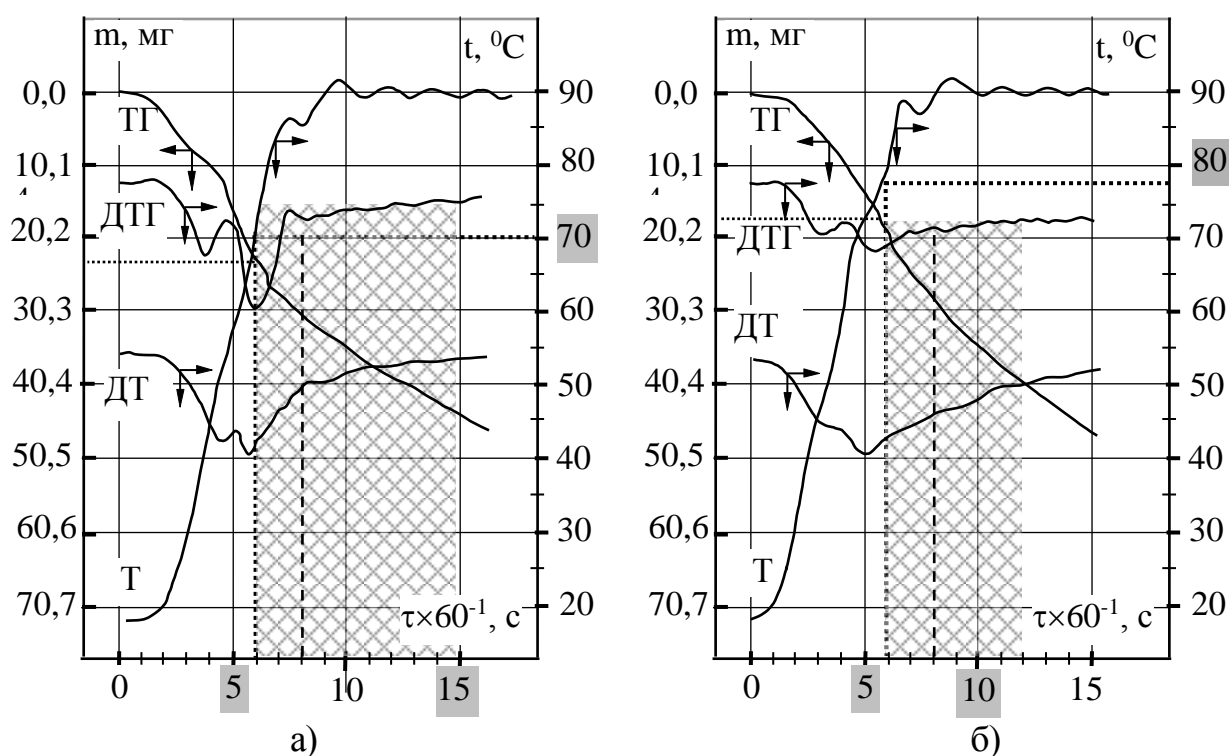


Рис. 2.49. Залежність втрати маси (ТГ), швидкості втрати маси (ДТГ), теплових ефектів (ДТА) за ізотермічних умов від тривалості теплової обробки модельної системи за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40%, олії 25%, агару: а – 0,0%, б – 1,1%

Оскільки модельна система паст закусочних за формами зв'язку вологи належить до колоїдних капілярно-пористих систем, то волога в ній зв'язана з білком за рахунок фізико-механічних та фізико-хімічних зв'язків [70, 71]. Можливо, вологоутримуюча здатність модельної системи паст закусочних залежить, в основному від вмісту механічно та адсорбційно зв'язаної води [79, 80].

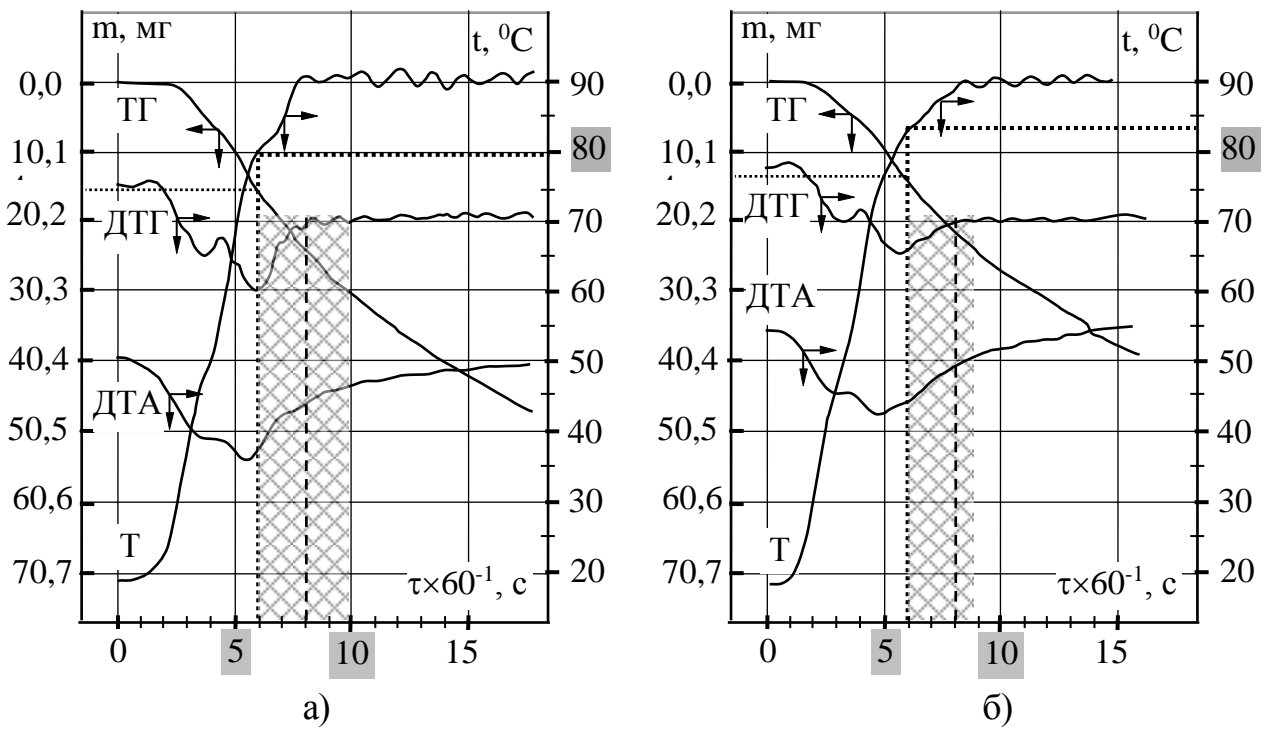


Рис. 2.50. Залежність втрати маси (ТГ), швидкості втрати маси (ДТГ), теплових ефектів (ДТА) за ізотермічних умов від тривалості теплової обробки модельної системи за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40%, олії 25%, агару: а – 1,3%, б – 1,5%

З аналізу дериватограм (рис. 2.49, 2.50) встановлено, що основні теплові процеси, які проходять модельній системі паст під час теплової обробки, характеризують гідратаційну здатність білка під впливом температури, цитрату натрію та агару, а також часткове видалення води слабо зв'язаної з білком, що відбуваються протягом $(8 \pm 2) \times 60$ с, при цьому втрати вологи за цей час залежать від концентрації агару: 0,0; $1,1 \pm 0,1$; $1,3 \pm 0,1$; $1,5 \pm 0,1$ % і складають відповідно $30,3 \pm 1$; $18,5 \pm 0,5$; $16,2 \pm 0,5$; $15,1 \pm 0,5$ %. При подальшому нагріванні паст закусочних протягом ще $(2 \pm 0,5) \times 60$ с відбувається вирівнювання температур по масі продукту та збільшення втрат вологи приблизно ще на 10...20 %.

Отже, термогравіметричні дослідження зразків паст закусочних з різним вмістом агару дозволяють оцінити зміни кількості вільної та зв'язаної вологи, витрати енергії на процес дегідратації, а також встановити раціональну тривалість процесу теплової обробки паст протягом $(8 \pm 2) \times 60$ с.

2.3.2 Дослідження змін форм зв'язку вологи

Кількісний вміст вологи в продукті, а також співвідношення вільної і зв'язаної води відіграють важливу роль у структуроутворенні готового продукту і стабілізації системи закусочних паст [27].

Для визначення змін часу спін-спінової релаксації диполя води (рис.2.51) від концентрації компонентів модельної системи паст закусочних на усіх стадіях технологічного процесу дослідження проводили за методом «спінової луни» [74, 75, 77, 79, 80].

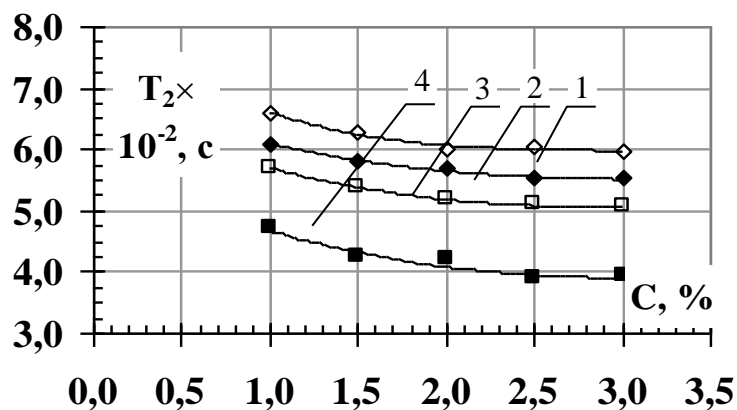


Рис. 2.51. Залежність часу спін-спінової релаксації диполя води модельної системи паст закусочних від концентрації цитрату натрію до теплової обробки: 1 – без олії, 2 – з олією; після теплової обробки з олією: 3 – без агару, 4 – з агаром

Встановлено, що залежності часу спін-спінової релаксації диполя води (T_2) від рецептурних компонентів мають вигляд плавних кривих (рис.2.51), що характеризують тенденцію зменшення значення T_2 зі збільшенням концентрації цитрату натрію. Кожна крива характеризує вплив тієї чи іншої рецептурної компоненти. Так в результаті внесення олії в рецептурний склад суміші, підготовленої до теплової обробки, T_2 зменшується на $3 \cdot 10^{-2}$ с. Після теплової обробки паст закусочних T_2 зменшується ще на $6 \cdot 10^{-2}$ с, а внесення в рецептурний склад агару зменшує час спін-спінової релаксації на $12 \cdot 10^{-2}$ с. Це пояснюється впливом технологічних факторів на зростання вологоутримуючої здатності білка, що призводить до зменшення кількості «вільної» води в пасті закусочній (рис. 2.52).

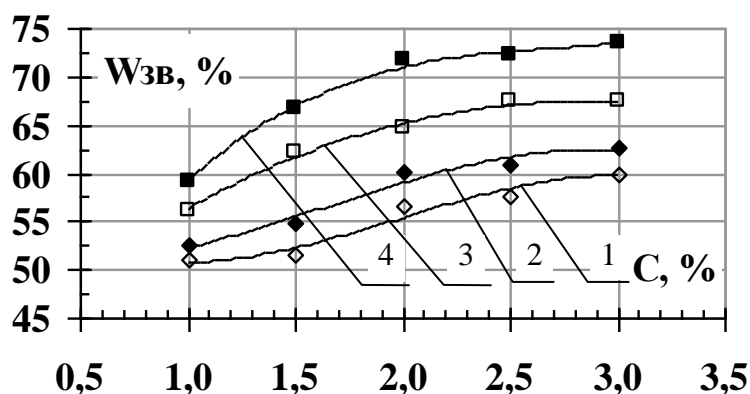


Рис. 2.52. Залежність масової частки зв'язаної води в модельній системі паст закусочних від концентрації цитрату натрію до теплової обробки: 1 – без олії, 2 – з олією; після теплової обробки з олією: 3 – без агару, 4 – з агаром

З приведених графіків видно, що внесення в рецептуру олії, агару, а також термічна обробка зменшують час спін-спінової релаксації диполя води в пасті закусочній. Збільшення в рецептурі цитрату натрію в межах концентрацій від 1,1% до 2,0% зменшує T_2 на $5 \cdot 10^{-2}$ с., в межах концентрацій від 2,0% до 3,0% – лише на $1 \cdot 10^{-2}$ с.

Після проведених розрахунків отриманих даних кінетики спін-спінової релаксації диполя води паст досліджено вплив основних компонентів на кінетику зв'язування води білком паст закусочних на різних стадіях її виготовлення (рис.2.52) в залежності від концентрації солі-плавителя.

Встановлено тенденцію зростання кількості зв'язаної води з внесенням олії, що емульгується в суміш моделі паст і суттєве зростання зв'язаної води після внесення агару та теплової обробки. Крім того збільшення концентрації цитрату натрію в пасті закусочній також призводить до зростання кількості води, зв'язаної білком. Як видно з характеру кривої (рис. 2.51), збільшення концентрації цитрату натрію в готовому продукті понад 2,0 % суттєво не впливає на кількість «зв'язаної» води (табл. 2.8).

З аналізу графіків (рис.2.52) видно, що білок модельної системи паст закусочних з концентрацією цитрату натрію $2,0 \pm 0,2$ % перед технологічною обробкою здатний зв'язувати до 56 ± 2 % вологи, після емульгування соняшникової олії кількість зв'язаної вологи збільшується ще на 3,0 %, а після теплової обробки білок модельної системи паст закусочних здатний зв'язувати до 65 ± 1 % вологи.

Таблиця 2.8

Масова частка зв'язаної вологи в модельній системі паст закусочних на різних стадіях технологічного процесу

Вміст цитрату Na, %	Вміст сиру кисломолочного нежирного, %	Частка зв'язаної вологи білковою основою, %			
		до теплової обробки		після теплової обробки	
		без олії	з олією	без агару	з агаром
0	40	$55,15 \pm 0,5$	$55,15 \pm 0,6$	$55,15 \pm 0,7$	$55,15 \pm 0,8$
1	40	$52,63 \pm 0,5$	$54,85 \pm 0,5$	$57,36 \pm 0,5$	$62,55 \pm 0,5$
2	40	$60,06 \pm 0,5$	$62,45 \pm 0,5$	$64,84 \pm 0,5$	$71,73 \pm 0,5$
3	40	$62,31 \pm 0,5$	$64,23 \pm 0,5$	$68,04 \pm 0,5$	$73,54 \pm 0,5$

Після введення в рецептуру агару цей показник збільшується ще на 6% і становить 71 ± 1 %. У зразка модельної системи паст закусочних за концентрації цитрату натрію $1 \pm 0,1$ % кількість зв'язаної води менше на 12% від зразка за концентрації цитрату натрію $2 \pm 0,1$ % і становить 60 ± 2 %, а у

зразка за концентрації цитрату натрію $3\pm 0,1\%$ більше лише на 2% від зразка з концентрацією цитрату натрію $2\pm 0,1\%$ і становить $73\pm 2\%$.

Отже, встановлено, що під час емульгування олії масова частка зв'язаної води білкової основи модельної системи паст за концентрації цитрату натрію $2,0\pm 0,1\%$, зростає на $4,8\pm 0,1\%$, проведення теплової обробки за температури $80\pm 2^{\circ}\text{C}$ сприяє збільшенню зв'язаної води в модельній системі паст закусочних на $5,2\pm 0,1\%$, а введення в рецептуру агару в якості структуроутворювача збільшує масову частку зв'язаної води ще на $6,8\pm 0,1\%$.

2.3.3 Моделювання процесу теплової обробки

Для перевірки адекватності ефективного використання та впливу основних компонентів на температуру теплової обробки модельної системи паст закусочних з метою оптимізації їх концентрацій, визначення оптимальних меж температури теплової обробки, на основі експериментальних даних (рис. 2.27...2.29, 2.35...2.37, 2.41, 2.44, 2.45) нами проведено моделювання процесу теплової обробки модельної системи паст закусочних в залежності від концентрацій основних інгредієнтів. При цьому враховували, що змінними параметрами процесу є температура та тривалість обробки.

Методами кореляційно-регресійного аналізу в рамках парних моделей: сир кисломолочний нежирний-олія (рис.2.53), сир кисломолочний нежирний-агар (рис.2.54) були визначені раціональні концентрації компонентів модельної системи паст закусочних. За основу приймалась адекватність фізико-хімічної моделі процесу теплової обробки, подібність форм зв'язку чинників, а не тільки коефіцієнти термінації [81...84].

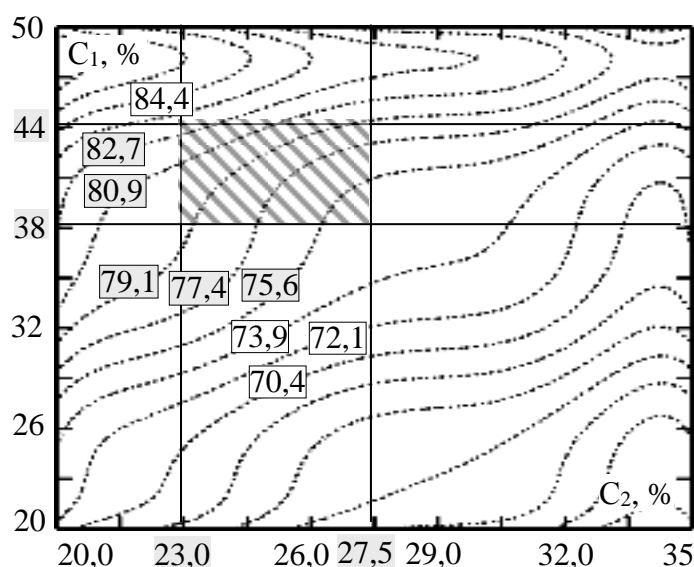


Рис.2.53. Залежність ліній рівних значень температури обробки моделі пасту від концентрації основних компонентів: C_1 —сир кисломолочний нежирний; C_2 —олія

Для визначення спільних оптимальних зон температури теплової обробки в нормованому просторі на основі експериментальних даних було проведено моделювання кінетики ізотерм теплової обробки, встановлені оптимальні межі концентрацій інгредієнтів модельної системи паст закусочних: сиру кисломолочного нежирного, олії, агару, які відповідно складають: 38...44 %; 23,0...27,5 %; 1,22...1,34 %.

Отриманими залежностями ліній рівних значень температури як функції від концентрації основних компонентів $t_{nl}=f(C_1;C_2)$ у межах моделі (рис.2.53) доведено, що за концентрацій сиру кисломолочного 38...44 % та олії рафінованої дезодорованої 23,0...27,5 % оптимальна температура теплової обробки знаходиться в межах 78 ± 3 °С.

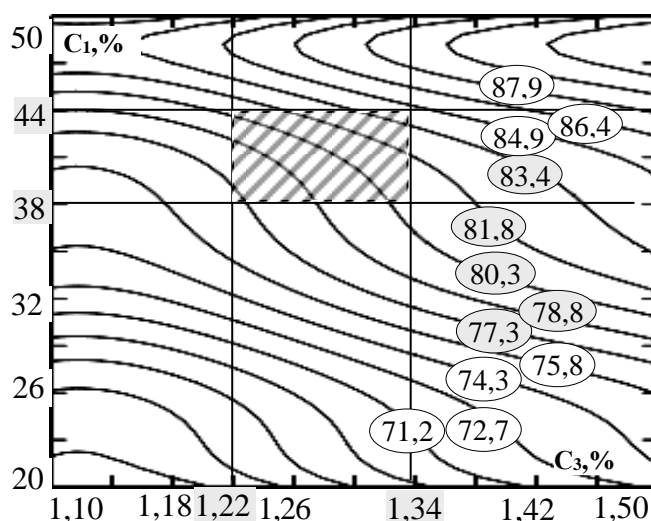


Рис. 2.54. Залежність ліній рівних значень температури обробки моделі пасту від концентрації основних компонентів: C_1 –сир кисломолочний нежирний ; C_3 –агар

Отримані залежності ліній рівних значень температури $t_{nl}=f(C_1;C_3)$ як функції від концентрації основних компонентів: сиру кисломолочного 38...44 %, агару 1,22...1,34 % у межах моделі (рис.2.54) показали, що оптимальна температура теплової обробки даної модельної системи паст закусочних знаходиться в межах 80 ± 3 °С.

Згідно з критерієм Фішера не менш ніж 94 % статистичної залежності температури теплової обробки від концентрації основних компонентів модельної системи паст закусочних (рис. 2.52...2.54) описується одержаними регресійними кривими [81, 83].

Після визначення раціональних меж параметрів була побудована трьохвимірна модель (рис. 2.55) залежності температури теплової обробки від концентрації двох параметрів ($C_3^2=3$ варіанти).

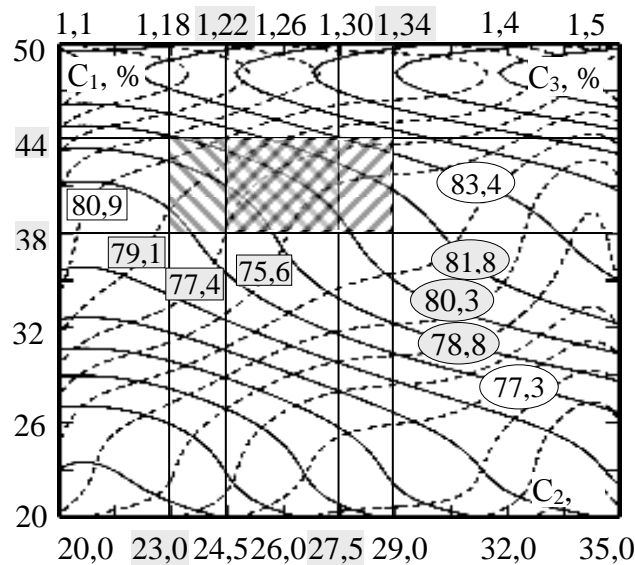


Рис. 2.55. Залежність температури обробки модельної системи від оптимальних значень концентрації інгредієнтів: C_1 – сир кисломолочний; C_2 – олія; C_3 – агар

Нормуванням концентрації основних інгредієнтів відносно раціональних меж, отримали наочний геометричний образ ліній рівних значень температури теплової обробки модельної системи паст закусочних для різних пар залежностей (рис. 2.55).

Проведене математичне моделювання дозволило визначити оптимальні значення основних компонентів у базовій рецептурі модельної системи паст закусочних: сир кисломолочний– 40 ± 2 %, олія рафінована– 25 ± 1 %, агар– $1,3 \pm 0,1$ % та температуру теплової обробки у межах 80 ± 2 °C, що узгоджується з попередніми експериментальними дослідженнями.

Запропонована нами модельна система паст закусочних в своєму складі не містить традиційної білкової сировини, характерної для даної продукції – твердих сичугових сирів, крім того, в якості жирової компоненти використовується олія рафінована дезодорована тому технологія виготовлення паст закусочних потребує створення певного комплексу умов для нормального протікання процесу теплової обробки і одержання кінцевого продукту, що задовольнятиме необхідним потребам споживача [27, 82, 85, 86].

2.4 Дослідження структурно-механічних характеристик модельної системи паст закусочних

Структурно-механічні властивості реальних тіл, дисперсних і високомолекулярних систем безпосередньо зв'язані з молекулярними взаємодіями в цих тілах, особливостями будови і теплового руху їх структурних елементів – міцел, субміцел і макромолекул, з взаємодією цих елементів один з одним і з молекулами дисперсійного середовища. Таким чином, структурно–

механічні властивості характеризують виникнення в системі структур різного виду. З одного боку, пружньо–пластично–в'язкісні властивості – з іншого боку властивості міцності модельної системи паст визначають характер її деформаційних процесів і процесів руйнування.

Структурно-механічні властивості (деформацію, відносні: пружність, пластичність, еластичність) визначали за допомогою еласто-пластометра Толстого Д.М. [87...90] шляхом вивчення деформації зсуву модельної системи паст закусочних, розташованої між пластинами. Експериментальні дані виражали у вигляді кривих повзучості (рис. 2.56; 2.57; 2.58) будуючи залежність відносної деформації від часу дії напруження $\gamma=f(\tau)$ [88].

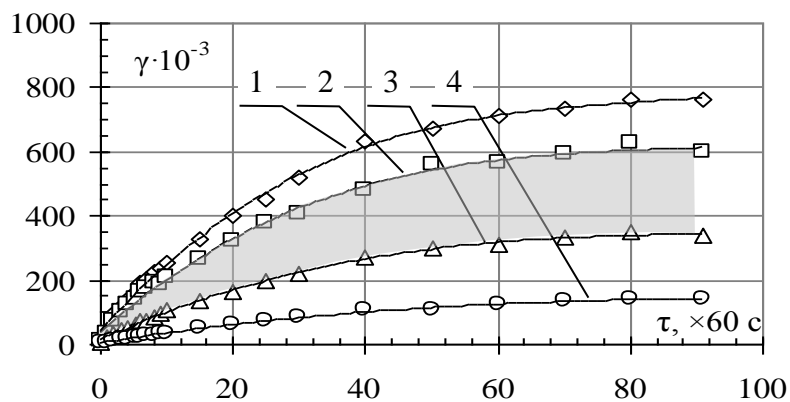


Рис. 2.56. Кінетика кривих повзучості модельної системи пасті закусочної з різним вмістом сиру кисломолочного нежирного: 1– 25%, 2 – 30%, 3 – 40%, 4 – 50%

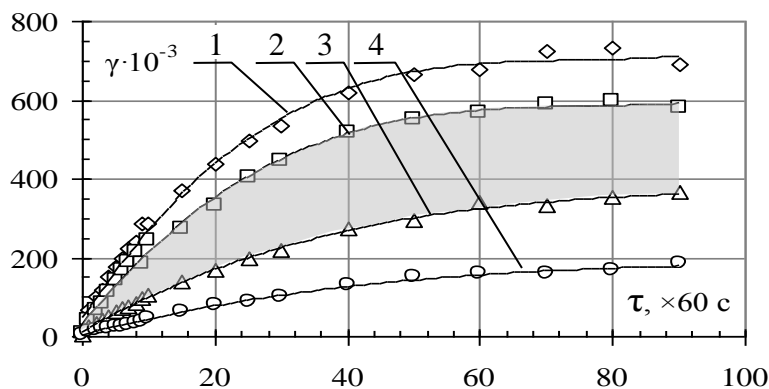


Рис. 2.57. Кінетика кривих повзучості модельної системи пасті закусочної з різним вмістом олії: 1 – 15%, 2 – 20% , 3 – 25% , 4 – 30%

Розробка нової технології паст закусочних потребує глибоких досліджень структурно–механічних властивостей сировини, напівфабрикатів і готових продуктів, необхідних для правильного ведення технологічних процесів, їх механізації та автоматизації. Від цих властивостей в більшій мірі залежить проходження різноманітних процесів: теплових, механічних

дифузійних, які обумовлюють смакові якості та засвоюваність готового продукту [90...92].

За результатами досліджень впливу концентрації основних рецептурних компонентів на кінетики деформації та проведених обчислень реологічні характеристики модельної системи паст закусочних наведені в табл.2.9, 2.10, 2.11.

Таблиця 2.9

Структурно-механічні характеристики модельної системи паст закусочних від вмісту сиру кисломолочного за вмісту олії 25 %, агару 1,3 %

Позначення	Найменування показника	Вміст сиру кисломолочного, %			
		25	30	40	50
$\gamma_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	420,80	338,20	187,30	56,20
$\gamma_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	359,20	297,80	181,70	99,80
$\gamma_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	780,00	636,00	369,00	156,00
P	Напруження зсуву, Па	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Податливість, Па^{-1}	$2,39 \cdot 10^{-2}$	$1,94 \cdot 10^{-2}$	$1,13 \cdot 10^{-2}$	$4,77 \cdot 10^{-3}$
$G_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	2289,0	3433,5	5722,5	8692,4
$G_{ел.}$	Високо-еластичний модуль, Па	80,44	99,49	180,08	623,59
η	В'язкість, $\text{Па} \times \text{с}$	$4,88 \cdot 10^5$	$5,84 \cdot 10^5$	$9,57 \cdot 10^5$	$1,75 \cdot 10^6$
K	Відношення $\gamma_{зв.} / \gamma_{заг.}$	0,54	0,53	0,51	0,36
$Пр$	Відносна пружність, %:	1,83	1,50	1,55	2,41
$Пл$	Відносна пластичність, %:	46,05	46,82	49,24	63,97
$Ел$	Відносна еластичність, %:	52,12	51,68	49,21	33,61
Θ	Період релаксації, с	6280,60	6039,29	5481,95	3010,71

Аналіз кривих повзучості модельної системи паст закусочних (рис. 2.47, 2.48, 2.49) показав, що при напруженні зсуву $32,7 \pm 1,5$ Па після $(50...60) \times 60$ с навантаження загальна деформація для всіх досліджуваних зразків з різним вмістом рецептурних компонентів залишається незмінною, тобто при подальшій тривалості навантаження виникає повзучість модельної системи закусочних паст. Це свідчить про те, що зсувальне навантаження на верхню пластину було підібране правильно [27, 87, 88, 90, 93, 94].

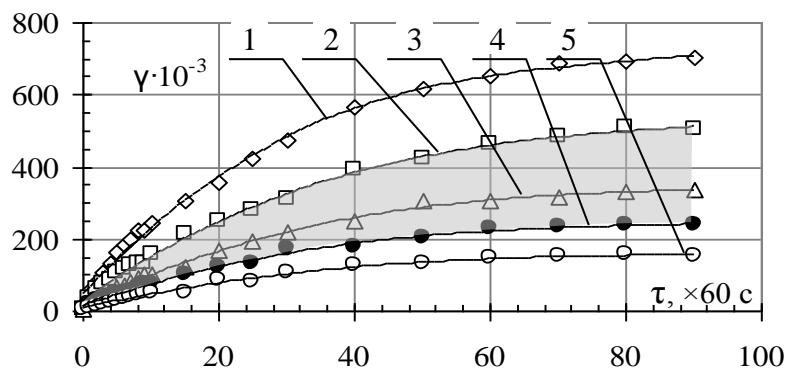


Рис. 2.58. Кінетика кривих повзучості модельної системи паст закусочної з різним вмістом агару: 1 – 1,1%, 2 – 1,2%, 3 – 1,3%, 4 – 1,4%, 5 – 1,5%

Як видно з кривих повзучості модельної системи паст закусочних, найбільш текучими є зразки: за вмісту сиру кисломолочного $25\pm 2\%$ із загальною деформацією $780,0\cdot 10^{-3}$; за вмісту олії рафінованої дезодорованої $15\pm 5\%$ із загальною деформацією $740,0\cdot 10^{-3}$ та за вмісту агару $1,1\pm 0,2\%$ із загальною деформацією $721,0\cdot 10^{-3}$.

Таблиця 2.10

Структурно-механічні характеристики
модельної системи паст закусочних від вмісту олії за вмісту сиру
кисломолочного нежирного 40%, агару 1,3%

Позначення	Найменування показника	Вміст олії, %			
		15	20	25	30
$\gamma_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	451,30	370,70	184,39	60,90
$\gamma_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	288,70	249,30	187,04	134,10
$\gamma_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	740,00	620,00	371,43	195,00
P	Напруження зсуву, Па	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Податливість, Па^{-1}	$2,26\cdot 10^{-2}$	$1,90\cdot 10^{-2}$	$1,14\cdot 10^{-2}$	$5,96\cdot 10^{-3}$
$G_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	4291,88	4905,00	5722,50	7785,71
$G_{ел.}$	Високо-еластичний модуль, Па	73,70	89,83	183,02	576,72
η	В'язкість, $\text{Па}\cdot\text{с}$	$6,07\cdot 10^5$	$7,03\cdot 10^5$	$9,35\cdot 10^5$	$1,33\cdot 10^6$
K	Відношення $\gamma_{зв.}/\gamma_{заг.}$	0,61	0,60	0,50	0,31
Pr	Відносна пружність, %:	1,03	1,08	1,54	2,15
Pl	Відносна пластичність, %:	39,01	40,21	50,36	68,77
El	Відносна еластичність, %:	59,96	58,72	48,10	29,08
Θ	Період релаксації, с	8383,28	7972,04	5271,75	2485,71

Найбільш стійкими до зсувального напруження є зразки за вмісту: сиру кисломолочного $50\pm 2\%$ із загальною деформацією $158,0\cdot 10^{-3}$; олії $30\pm 5\%$ із загальною деформацією $188,0\cdot 10^{-3}$; агару $1,5\pm 2\%$ із загальною деформацією $153,0\cdot 10^{-3}$ (табл. 2.9, 2.10, 2.11), що узгоджується з органолептичними показниками продукту [95...97].

Встановлено, що діапазон концентрацій сиру кисломолочного $40\pm 2\%$, олії $25\pm 2\%$, агару $1,3\pm 0,1\%$ (рис. 2.52...2.54) в модельній системі паст закусочних є раціональним і дозволяє регулювати консистенцію готового продукту в потрібних межах для пастоподібних продуктів.

З аналізу таблиць залежності модулів від концентрації рецептурних компонентів видно, що умовно миттєвий модуль пружності зростає: в діапазоні концентрацій сиру кисломолочного 20...30 % на $17,2\pm 0,5\%$, в діапазоні 30...40 % – на $33,2\pm 0,5\%$, а в діапазоні 40...50 % – на $40,8\pm 0,5\%$; в діапазоні концентрацій олії 15...20 % на $12,5\pm 0,2\%$ в діапазоні 20...25 % на $14,3\pm 0,2\%$, а в діапазоні 25...30 % на $-44\pm 1,2\%$; в діапазоні концентрацій агару 1,1...1,3 % на $33,3\pm 1,3\%$, а в діапазоні 1,3...1,5 % на $-49,3\pm 1,2\%$. Збільшення вмісту сиру в рецептурі модельної системи паст понад 40 %

спричиняє різке зростання модуля пружності, що призводить до ущільнення структури можливо в наслідок посилення міжмолекулярної дії молочного білка і переходу пастоподібної структури в скибкову. Збільшення вмісту олії в рецептурі модельної системи паст понад 30 % спричиняє різке зростання модуля пружності, що призводить до грузлої структури можливо в наслідок зростання міжмолекулярних зв'язків білка з олією, зростання його емульгуючої здатності через зменшення вільної вологи в рецептурі. Збільшення вмісту агару в рецептурі модельної системи паст понад $1,5 \pm 0,1$ % спричиняє різке зростання модуля пружності, що призводить до значного ущільнення структури можливо в наслідок посилення просторового каркасу структуроутворювача і переходу пастоподібної структури в скибкову, а потім у тверду.

Зменшення вмісту сиру в рецептурі модельної системи паст менше 30% спричиняє суттєве зменшення модуля пружності і призводить до текучості структури, можливо в наслідок послаблення міжмолекулярної дії молочного білку і переходу пастоподібної структури в текучу. Зменшення вмісту олії в рецептурі модельної системи паст менше 20 ± 2 % також спричиняє зменшення модуля пружності і призводить до текучості структури можливо в наслідок ослаблення зв'язків вологи з білком через її надлишок в рецептурі. Зменшення вмісту агару в рецептурі модельної системи паст менше $1,2 \pm 0,1$ % спричиняє суттєве зменшення модуля пружності і призводить до збільшення текучості структури можливо в наслідок послаблення просторового каркасу структуроутворювача і руйнування пастоподібної структури.

Вплив рецептурних складників в модельній системі паст закусочних на величину високоеластичного модуля (табл. 2.9, 2.10, 2.11) в цілому не суттєвий, який зростає повільно і має значне збільшення тільки за концентрації: сиру кисломолочного нежирного 50 ± 5 %, олії 30 ± 2 %, агару $1,5 \pm 0,1$ %.

Результати розрахунків відносної пластичності, еластичності та пружності (табл. 2.9, 2.10, 2.11) підтверджують, що забезпечує пластичні властивості модельної системи паст концентрація сиру кисломолочного в діапазоні 40 ± 2 %; концентрація олії в діапазоні 25 ± 2 %; концентрація агару в діапазоні $1,3 \pm 0,1$ %. Як видно з таблиць розрахунку пластичність та еластичність в даному діапазоні вмісту компонентів мають найменшу розбіжність: сир кисломолочний – $4,7 \pm 0,8$ %; олія – $10 \pm 1,2$ %; агар – $12 \pm 1,5$ %.

Структурно-механічні характеристики
модельної системи паст закусочних від вмісту агару за вмісту сиру
кисломолочного нежирного 40 %, олії 25 %

Позначення	Найменування показника	Вміст агару, %				
		1,0	1,2	1,3	1,4	1,5
$\gamma_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	392,30	290,40	205,30	157,20	109,90
$\gamma_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	328,70	226,60	157,70	80,80	43,10
$\gamma_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	721,00	517,00	363,00	238,00	153,00
P	Напруження зсуву, Па	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Податливість, Па^{-1}	$2,2010^{-2}$	$1,5810^{-2}$	$1,1110^{-2}$	$7,2810^{-3}$	$4,6810^{-3}$
$G_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	3815,0	4302,6	5722,5	6812,5	11275,8
$G_{ел.}$	Високо-еластичний модуль, Па	85,22	115,63	163,84	214,57	305,61
η	В'язкість, $\text{Па}\times\text{с}$	$5,3210^5$	$7,6610^5$	$1,5210^6$	$2,1310^6$	$4,0010^6$
K	Відношення $\gamma_{зв.}/\gamma_{заг.}$	0,544	0,56	0,57	0,66	0,72
$Пр$	Відносна пружність, %:	1,19	1,47	1,57	2,02	1,90
$Пл$	Відносна пластичність, %:	45,59	43,83	43,44	33,95	28,17
$Ел$	Відносна еластичність, %:	53,22	54,70	54,98	64,03	69,93
Θ	Період релаксації, с	2607,36	6806,25	9548,84	10252,17	13457,14

Збільшення сиру кисломолочного в рецептурі модельної системи паст понад 45 % призводить до підвищення пластичності на $21,4\pm 1,2$ % (табл.2.9), до значного зростання пружності на $63,4\pm 1,2$ % та до суттєвого зниження еластичності на $34,6\pm 1,2$ %. Таке зниження еластичності та зростання пружності призводить до крихкості текстури. Збільшення олії в рецептурі модельної системи паст понад 28 % (табл. 2.10), призводить до підвищення пластичності на $20,2\pm 1,0$ %, до зростання пружності на $9,4\pm 0,6$ % та до зниження еластичності на $26,9\pm 1,3$ %. Збільшення агару в рецептурі модельної системи паст понад 1,4 % (табл.2.11), призводить до значного зниження пластичності на $35,1\pm 1,5$ % підвищення еластичності на $21,4\pm 1,2$ %, зростання пружності на $25,2\pm 0,5$ %. Таке зниження пластичності, зростання пружності та еластичності призводить до гумистої текстури.

Вивчення релаксації напруг (рис. 2.59...2.61) не тільки дозволяє порівнювати зразки між собою, але і має важливе практичне значення. У процесі релаксації напруг знижуються пружні і підвищуються пластичні властивості структури [27, 89, 90, 93].

Період релаксації характеризує швидкість процесу, тобто переходу системи з нерівноважного термодинамічного стану, викликаного зовнішніми впливами, у стан термодинамічної рівноваги [27, 87, 89]. За цей час при збільшенні концентрації сиру кисломолочного в рецептурі модельної

системи паст в межах 30...40 %; напруга зменшується майже в 1,2 рази; при збільшенні концентрації олії в рецептурі паст в межах 20...25 % зменшується майже в 1,3 рази; при збільшенні концентрації агару в рецептурі модельної системи паст в межах 1,2...1,4 % зростає майже в 1,5 рази.

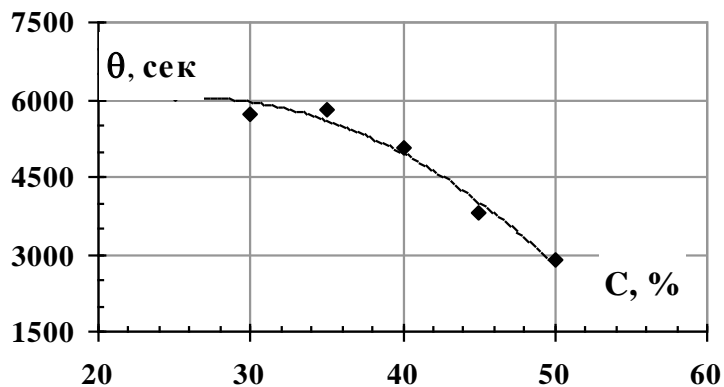


Рис. 2.59. Залежність релаксації модельної системи паст закусочних від вмісту сиру кисломолочного нежирного

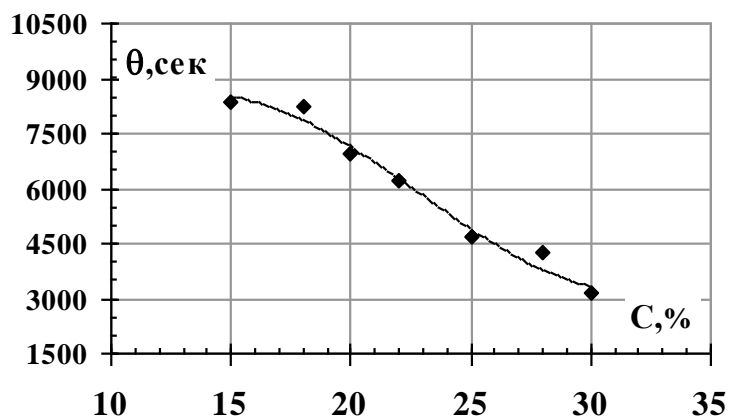


Рис. 2.60. Залежність релаксації модельної системи паст закусочних від вмісту олії

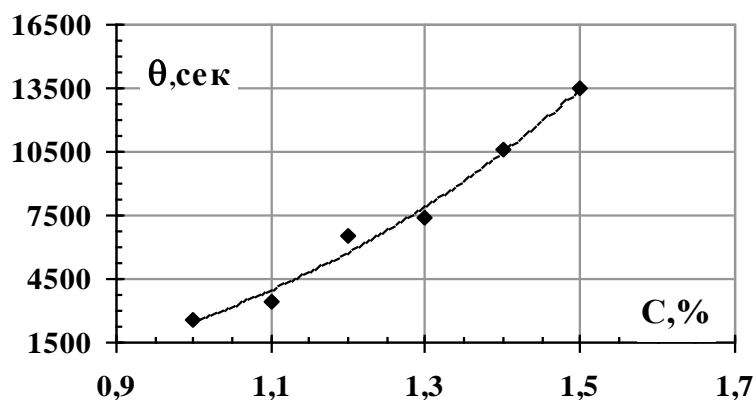


Рис. 2.61. Залежність релаксації модельної системи паст закусочних від вмісту агару

В діапазоні концентрацій сиру кисломолочного 30...40 % в рецептурі час релаксації модельної системи паст закусочних зменшується на 1000 ± 10 с і за вмісту 40 ± 2 % складає 5000 с, в діапазоні концентрацій олії 20...25 % час релаксації модельної системи паст закусочних зменшується на 2500 с і за вмісту 25 ± 2 % складає 4800 с, що свідчить про зростання пластичних властивостей і зменшення еластичних, а значить позитивно впливає на умови вимішування та фасування. В діапазоні концентрацій агару 1,1...1,3 % час релаксації модельної системи паст закусочних збільшується на 3500 с і за вмісту $1,4 \pm 0,1$ % складає 8500 с, що свідчить про зростання пружних та еластичних властивостей і зменшення пластичних, а значить негативно впливає на умови вимішування та фасування [27, 98].

2.5 Дослідження змін фракційного складу білкового комплексу в модельній системі паст закусочних

Враховуючи несумісність термодинамічних процесів, що відбуваються в молочному білку та агару під час теплової обробки та структурування, досліджували процес структуроутворення модельної системи паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного за рахунок білок-полісахаридних взаємодій, що може призводити до зміни їх молекулярних мас. Тому в рамках даних досліджень було вивчено зміни фракційного складу білків модельної системи до та після теплової обробки (табл. 2.12), а також зміни молекулярних мас білкових речовин [99, 100] під час структурування (рис. 2.54).

Таблиця 2.12

Зміна вмісту азотистих речовин модельної системи паст закусочних під час структурування

Показник	Модельна система паст закусочних			
	до теплової обробки		після теплової обробки	
	вміст, %	від $N_{\text{заг}}$, %	вміст, %	від $N_{\text{заг}}$, %
Масова частка СЗМЗ	14,5	—	15,4	—
Загальний азот ($N_{\text{заг}}$),	9,7	100	9,2	100
в тому числі: білковий азот	8,9	91,75	8,7	94,57
небілковий азот	0,8	8,25	0,5	5,43

З аналізу табл. 2.12 видно, що 91,75 % азотистих речовин в модельній системі паст закусочних представлено білковим азотом. Кількість небілкового азоту становить 8,25 % від загального вмісту азотистих речовин,

кількість загального азоту модельної системи паст після теплової обробки зменшилася на 0,50 %, що є величиною недостовірною. Значних змін щодо перерозподілу білкового і небілкового азоту також не спостерігається. Отже процес іотропного гелеутворення не впливає на вміст білкових речовин в цілому, не викликає небажаних перетворень, наслідком чого є їх незначна втрата.

Однак, дані щодо зміни загальної кількості азотистих речовин не дають повної інформації про якісні та кількісні перетворення білкових фракцій модельної системи паст до та після теплової обробки.

Можна припустити, що структурування в даних системах може протікати як за рахунок іотропного структурування внаслідок впливу цитрату натрію (рис. 2.14), а також за рахунок утворення білок-білкових та білок-полісахаридних комплексів через спорідненість за допомогою відповідного розчинника.

Одночасно для підтвердження даної гіпотези були проведено дослідження модельної системи паст по визначенню молекулярних мас білків методом гель-хроматографії (рис. 2.62).

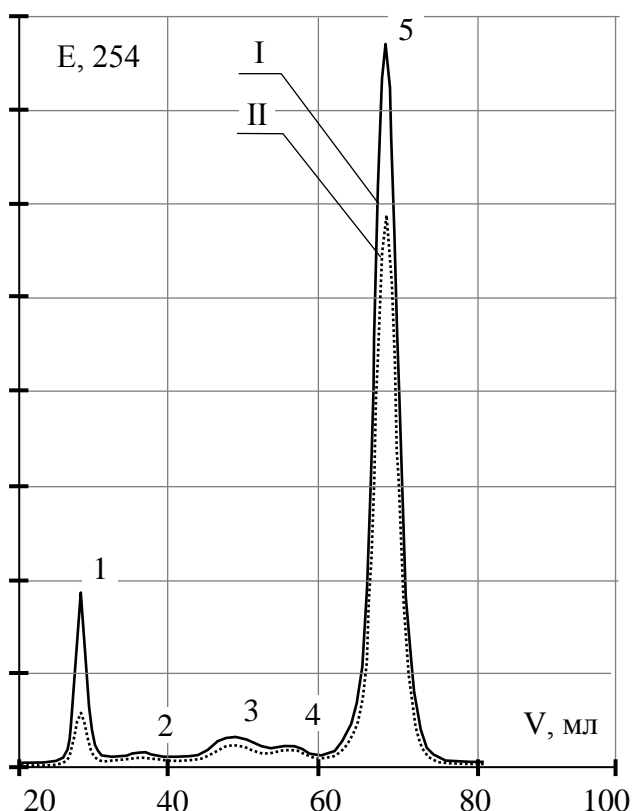


Рис. 2.62. Хроматограми білок-полісахаридної взаємодії модельної системи пасті закусочної на основі сиру кисломолочного нежирного (I-без агару, II-з агаром): 1—імуноглобуліни, 2 — α_s -казеїн, 3 — β -казеїн, 4 — χ -казеїн, 5 — β -лактоглобулін

Було ідентифіковано, білкові компоненти модельної системи паст закусочних без агару з молекулярними масами: ~ 1000000 Да (13,89 %) – імуноглобуліни, ~ 25000 Да (0,29 %) – α_s -казеїн, ~ 24000 Да (4,8 %) – β -казеїн, ~ 19000 Да (2,17 %) – χ -казеїн, ~ 18000 Да (78,8 %) – β -лактоглобулін.

В структурованій модельній системі паст закусочних з агаром вміст білкових компонентів дещо змінився. Частка високомолекулярної фракції (імуноглобуліни) зменшилась на 8,68 % і складає 5,21 %, а низькомолекулярних збільшилась і відповідно складає: α_s -казеїн – 2,04 %, β -казеїн – 6,52%, χ -казеїн – 3,34, β -лактоглобулін – 82,9 %.

Ймовірно за рахунок сорбції частини білків на своїй поверхні агар переводить їх в слабо розчинну форму, створюючи структурну сітку, в результаті чого після ресуспензування у фосфатно-солевому буфері та центрифугування білкового геля седиментуючі білкові комплекси переходять в осад, а в супернатанті залишаються повністю розчинні білки, концентрація яких зменшується і відповідно змінюється співвідношення фракцій.

Значне підвищення частки низькомолекулярних фракцій, особливо χ -казеїна та β -лактоглобуліна, сприятиме їх сорбції на високомолекулярних фракціях, надаючи останнім підвищену стійкість у водних розчинах і посиленню зв'язуванню води, що узгоджується з попередніми дослідженнями (рис.2.36, 2.40...2.42, 2.41, 2.44...2.47, 2.51).

2.6 Вивчення впливу співвідношення основних компонентів в модельній системі паст закусочних на органолептичні показники

Згідно з класифікацією структур харчових продуктів, запропонованою П.А. Ребіндером, закусочну продукцію залежно від вмісту води можна віднести до дисперсних систем зі структурами коагуляційного або коагуляційно-конденсаційного типу. Паста закусочна на основі сиру кисломолочного нежирного з досить високим вмістом води, яка відіграє роль дисперсійного середовища, утворює прошарки між білковими частками і молекулами відносяться до структур коагуляційного типу. Взаємодія між ними відбувається через ці прошарки, головним чином за рахунок Ван-дер-Ваальсових сил зчеплення [27, 52, 54, 59].

Структуру модельної системи паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного спрощено можна представити у вигляді тривимірного сітчастого білкового каркаса, у комірках якого відносно рівномірно розподілений жир і вода. Білки обумовлюють міцні, пружні і

еластичні властивості модельної системи паст, жир впливає на пластичність, а вода – на в'язкість.

Утворений при цьому просторовий білковий каркас моделі паст закусочних неміцний і володіє тиксотропією – здатністю швидко відновлюватися після руйнування. Причому консистенція змінюється від м'якої, пластичної, злегка пружної до ніжної, злегка текучої. Після руйнування структура відновлюється через певний час, який тим менший, чим більше води міститься в рецептурі.

При зниженні вмісту води в модельній системі паст закусочних товщина водних прошарків між білковими частками зменшується. Це сприяє виникненню інших, більш міцних порівняно з Ван-дер-Ваальсовими силами взаємодії між фрагментами білкових молекул. Міцність структури при цьому зростає. Тиксотропні властивості частково зберігаються, але час, необхідний для відновлення структури після руйнування, суттєво збільшується. При досягненні певної визначеної межі вологи в рецептурі втрачається здатність до самочинного відновлення структури після її руйнування. Тепер для того, щоб відновити зруйновані зв'язки – необхідно прикласти додаткову напругу, що викликає пластичні деформації. Подальше зниження кількості води в пасті закусочній спричиняє якісні зміни її структури. З коагуляційної вона перетворюється в коагуляційно-конденсаційну, що відрізняється від коагуляційних більшою міцністю і пружністю, відсутністю тиксотропії, можливістю появи крихткості [27, 52].

Експериментальними дослідженнями встановлено, що хімічний склад модельної системи паст закусочних також може бути різний в межах науково-обґрунтованих значень: вміст білка 7,4...12,5 %, вологи – 54...68 %, жиру в сухій речовині – 40...60 %. Діапазони змін цих показників дозволяють регулювати текстурні характеристики готового продукту. Білки складають основу (80 %), сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ), інша частина СЗМЗ представлена мінеральними солями. Такий склад дозволяє розглядати модельну систему як трикомпонентну фізико-хімічну систему. Для наочності викладення модельна система представлена в лінійному наближенні (рис. 2.63). Нелінійні ефекти за концентрацій основних компонентів будуть враховані далі (рис.3.14, 3.15).

Стан трикомпонентних систем однозначно визначається (за постійного тиску і температури) двома перемінними: концентраціями (%) масових часток жиру і води. Концентрація третьої компоненти (СЗМЗ) визначається з умови $z=100-(x+y)$. На основі досліджень залежності граничної напруги зсуву модельної системи від вмісту вологи (рис. 2.64) та органолептичних

досліджень консистенції (рис. 2.65), використовуючи відомий у фізичній хімії графічний метод аналізу складу трикомпонентних систем (метод концентраційного трикутника) (рис. 2.63) [13] було встановлено залежність змін структури модельної системи паст закусочних від співвідношення основних рецептурних компонентів.

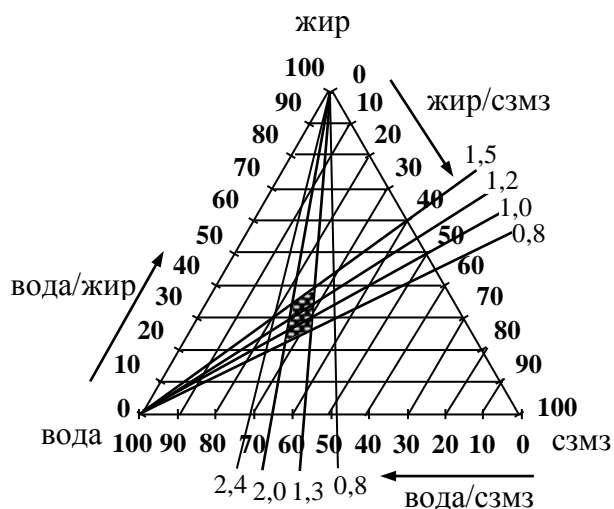


Рис. 3.63. Співвідношення вода/СЗМЗ модельної системи паст закусочної на основі сиру кисломолочного нежирного

Так за концентрації 60 % олії в сухій речовині модельної системи паст та співвідношенню вода/СЗМЗ в межах 0,8...1,3 відповідає консистенція (рис. 2.65), що визначається як щільна з граничною напругою зсуву 260...240 Па, в межах 1,3...2,0 – як ніжна, пластична з граничною напругою зсуву 240...170 Па, в межах 2,0...2,4 – як мастка, текуча з граничною напругою зсуву 170...110 Па.

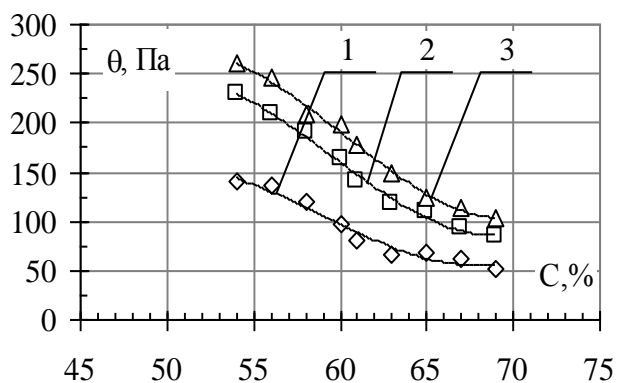


Рис.2.64. Залежність граничної напруги зсуву модельної системи паст закусочної від вологості з вмістом олії в СЗМЗ: 1 – 40 %, 2 – 50 %, 3 – 60 %

За концентрації 40 % олії в модельній системі та співвідношенню вода/СЗМЗ в межах 0,8...1,3 з граничною напругою зсуву 150...120 Па відповідає консистенція, що визначається як груба, грузла, межах 1,3...2,0 з

граничною напругою зсуву 120...80 Па – як пластична, текуча, в межах 2,0...2,4 з граничною напругою зсуву 80...50 Па – як драглиста.

Дослідженнями граничної напруги зсуву модельної системи паст закусочних з різним вмістом олії рафінованої дезодорованої в сухій речовині (рис. 2.64) встановлено, що збільшення вологи в межах 54...68 % в рецептурі моделі з концентрацією олії 40 ± 3 % призводить до зменшення граничної напруги зсуву на 88 ± 5 Па, з концентрацією олії 50 ± 3 % – на 150 ± 10 Па, з концентрацією олії 60 ± 3 % на 160 ± 10 Па. За вмісту вологи в модельній системі 55 ± 3 % збільшення концентрації олії в сухій речовині в межах 40...50 % призводить до зростання граничної напруги зсуву на 90 ± 5 Па, в межах 50...60 % – на 40 ± 3 Па. За вмісту вологи до 65 ± 3 % ці показники зменшуються в 2 рази і відповідно становлять 40 ± 3 Па і 20 ± 2 Па.

Органолептичними дослідженнями консистенції модельної системи паст (рис. 2.65) було встановлено, що недостатня кількість жиру в системі не забезпечує необхідне послаблення зв'язків білкових молекул і як наслідок – груба консистенція продукту.

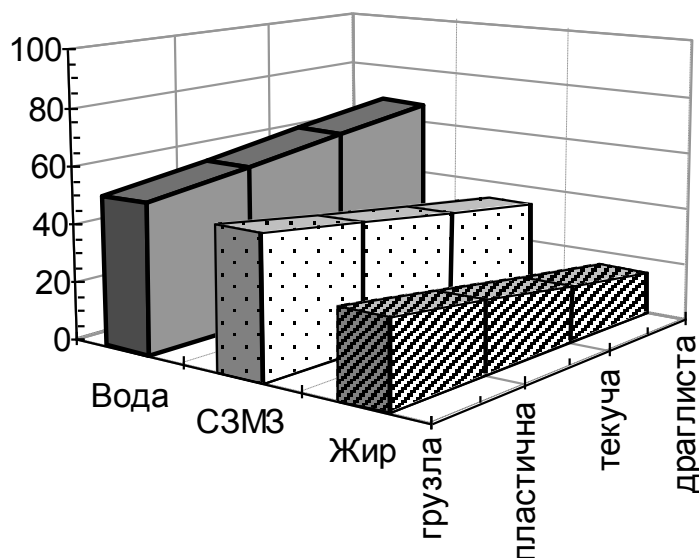


Рис. 2.65– Вплив співвідношення вода /СЗМЗ на консистенцію модельної системи

Значне підвищення вологи не призводить до позитивних наслідків, тому що вона надає продукту зайву в'язкість, яка оцінюється органолептично як «липкість», збільшує текучість структури та наближує її до драглеподібного стану [12, 27, 49, 59]. Надмірна кількість жиру в системі за недостатньої кількості вологи підвищує її пластичність і пружність, призводить до грузлості системи і переводить її з пастоподібної в скибкову форму.

Таким чином шляхом варіювання співвідношень між водяною фазою і сухими речовинами в межах 0,8...2,4 та вмістом олії рафінованої

дезодорованої в сухій речовині в межах 40...60 % дозволить регулювати консистенцію паст закусочних емульсійного типу з властивостями, характерними для даного продукту в необхідних межах [12, 27, 49]. Додаткове розширення діапазону регулювання реологічних характеристик паст закусочних, надання їм потрібних органолептичних властивостей забезпечується введенням в рецептуру агару як структуроутворювача за вмісту $1,3 \pm 0,1\%$.

Література до розділу 3

1. Чагаровский, А. П. Новые виды плавленых сыров повышенной биологической ценности [Текст] / А. П. Чагаровский, И. А. Гришин [и др.] / Тезисы докладов второй Всесоюзной конференции «Проблемы индустриализации общественного питания страны». – 1989. – С. 227–278.
2. Снегирева, И. А. Использование пищевых эмульсий в производстве плавленых сыров [Текст] / И. А. Снегирева, А. М. Соколов // Молочная пром-сть. – 1993. – № 5. – С. 17–18.
3. Асафов, В. А. Перспективы использования растительного сырья в производстве молочных продуктов [Текст] / В. Асафов, О. Фоломеева // Сыроделие и маслоделие. – 2001. – № 1. – С. 37–38.
4. Баркан, С. М. Плавленые сыры [Текст] : учеб. пособие / С. М. Баркан, М. Ф. Кулешова. – М. : Пищевая пром-сть, 1967. – 283 с.
5. Кулешова, М. Ф. Плавленые сыры [Текст] : учеб. пособие / М. Кулешова, В. Тиняков. – М. : Пищевая пром-сть, 1973. – 174 с.
6. Кудряшева, А. А. Пища XXI века и особенности ее создания [Текст] / А. А. Кудряшева // Пищевая пром-сть. – 2000. – № 1. – С. 66 – 68.
7. Чагаровский, А. П. Основные направления совершенствования технологии и расширения ассортимента плавленых сыров [Текст] / А. П. Чагаровский, Е. А. Избаш, А. Ф. Затирка. – К. : Знание, 1990. – 20 с.
8. Щедушнов, Д. Е. Сырные пасты – необходимая альтернатива [Текст] / Д. Е. Щедушнов // Масла и жиры. – 2004. – № 12. – С. 10.
9. Кутузова, Т. Л. Влияние растительных жиров на свойства сыра [Текст] / Т. Л. Кутузова, Л. И. Степанова // Молочна пром-сть. – 2002. – № 6. – С. 31–32.
10. Захарова, Н. П. Плавленые сыры с комбинированной жировой фазой [Текст] / Н. П. Захарова, Т. М. Коновалова, В. Г. Долгошинова // Тезисы докладов научно-практической конференции «Производство масла комбинированного: особенности выработки, ассортимент, качество». – Углич. – 2000. – С. 40–42.

11. Пат. 6780445 США, МПК⁷ А 23 С 9/12, А 23 С 19/00. Способ производства сыра улучшенного качества и установка для его осуществления. System and method for making enhanced cheese: Casique, Inc., Rhodes Ken. – № 09/562482, заявл. 01.05. 2000 ; опубл. 24.08.2004 ; НПК 426/36. – 4 с.
12. Захарова, Н. П. Структурообразование в плавленых сырах [Текст] / Н. П. Захарова, О. В. Лепилкина, Т. М. Коновалова, Г. Б. Бухарина // Сыроделие и маслоделие.– 2002. – № 2. – С. 27–28.
13. Захарова, Н. П. Товароведческая классификация плавленых сыров [Текст] / Н. П. Захарова // Сыроделие и маслоделие. – 2000. – № 2. – С. 6–11.
14. Сборник технологических инструкций по производству плавленых сыров [Текст]. – Углич, 1996. – 273 с.
15. Захарова, Н. П. Влияние уровня активной кислотности сырья на формирование структуры плавленого сыра [Текст] / Н. П. Захарова, Н. Ю. Соколова, О. В. Лепилкина, Е. В. Коновалова // Тезисы доклада научной конференции. – Углич. – 1995. – С. 372–373.
16. Захарова, Н. П. Роль соли-плавителя в формировании качества плавленых сыров [Текст] / Н. П. Захарова, Н. Ю. Соколова, В. Г. Долгощинова // Сыроделие. – 2000. – № 1. – С. 21–23.
17. Литвинова, Е.В. Основные показатели белка молочного с альгинатом кальция [Текст] / Е. В. Литвинова, Л.П. Жукова // Молочная пром-сть. – 2002. – № 9. – С. 21–23.
18. Липатов Н. Н. Производство творога: Учеб.пособ. / Н. Н. Липатов. – М.: Пищевая пром-сть, 1991. – 270 с.
19. Никифорова, Т. А. Цитраты – пищевые добавки XXI века [Текст] / Т. А. Никифорова // Пищевые ингредиенты и добавки. – 2002. – № 2. – С. 38–39.
20. Перцевий Ф. В. Роль іонного обміну у виробництві паст делікатесних на основі сиру кисломолочного знежиреного[Текст] / Ф. В. Перцевий, Ю. О. Савгіра, П. В. Гурський // Молочна промисловість. – 2004. – № 3. – С. 28–29.
21. Fuknshima, M. Use of phosphates in cheese processing. Phosphates in model systems Milchwissenschaft [Text] / M. Fuknshima, F. M. De Man. – 1972. – Bd. 27. – № 8, – P. 473–477.
22. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К.К. Горбатова. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 344 с.
23. ГОСТ 26570-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция [Текст]. – Введ. 01.01.98. – Минск : Изд-во

Межгосударственный совет по стандартизации метрологии и сертификации, 1998. – 25 с.

24. Корешков, А. П. Основы аналитической химии [Текст]. В 2 т. Т 2. Теоретические основы. Количественный анализ / А. П. Корешков – М. : Химия. – 1971. – 455 с.

25. Крусь, Г.Н. Методы исследования молока и молочных продуктов [Текст] / Г. Н. Крусь, А. М. Шалыгина, З. В. Волокитина. – М. : Колос, 2000. – 368 с.

26. ГОСТ 25179-90. Молоко. Методы определения белка[Текст]. – Введ. 01.01.91. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.

27. Гурський П. В. Технологія паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Гурський Петро Васильович. – Харків, 2009. – 353 с.

28. Пивоваров, П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування [Текст] : навч. посібник. Частина 1. Білки в технології продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – Харків : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.

29. Пивоваров, П. П. Теоретичні основи технології харчових виробництв [Текст] : навч. посібник. Частина 4. Вода та її значення у формуванні фізико-хімічних, органолептичних показників сировини та продуктів харчування / П. П. Пивоваров, Д. Ю. Прасол. – Харків : ХДАТОХ, 2003. – 48 с.

30. Пивоваров, П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування [Текст] : навч. посібник. Частина 3. Ліпіди та їх значення у формуванні фізико-хімічних, органолептичних показників сировини та продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – Харків : ХДАТОХ, 2002. – 90 с.

31. Дакуорт, Р. Б. Вода в пищевых продуктах [Текст] / Р. Б. Дакуорт: пер с англ. – М. : Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.

32. Ростроса, Н. К. Изучение комплексной коагуляции казеина и сыровоточных белков молока при производстве белковых продуктов [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. Наук / Н. К. Ростроса. – М. , 1986. – 23 с.

33. Фаррар, Т. Импульсная и Фурье-спектроскопия ЯМР [Текст] / Т. Фаррар, Э. Беккер. – М. : Мир, 1973. – 163 с.

34. Торяник, А. И. Определение влагосодержания в пищевых продуктах методом ЯМР [Текст] : методическое пособие для аспирантов / А. И. Торяник, А. Г. Дьяков, Д. А. Торяник. – Х. : ХГУПТ, 2003. – 20 с.

35. Пат. 45798 А Україна, МПК G 01 N 24/00. Спосіб визначення кількості вологи у харчових продуктах [Текст] / Торяник О. І., Дьяков О. Г. – №2001074759 ; заявл. 09.07.01 ; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 4. – 4 с.
36. Гуляев-Зайцев, С.С. Формы связи воды в пастообразном плавленом сыре [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, А.А. Бовкун, И.Д. Атаманенко // Молочная пром-сть. – 2003. – № 2. – С. 32–33.
37. Торяник, А. И. Молекулярная подвижность и структура водных систем [Текст] : дисс. ... д-ра хим. наук / Торяник Александр Иванович. – Донецк, 1978. – 368 с.
38. Дьяков А. Г. Система управления спектрометром ЯМР [Текст] / А. Г. Дьяков, А. Ф. Даниленко // Сборник научных трудов НТУ ХПИ Информатика и моделирование. – 2003. – № 26. – С.119–123.
39. Паспорт и инструкция по эксплуатации. Аппарат рентгеновский стационарный ДРОН-3 [Текст]. – М. : Мир, 1979. – 102 с.
40. Катц, И. Р. Рентгенография высокомолекулярных веществ, коллоидов, животных и растительных тканей [Текст] / И. Р. Катц; пер. с нем. [под ред. проф. А. И. Рабиновича]. – М. : Глав. ред. хим. литературы, 1937. – 327 с.
41. Китайгородский, А. И. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел [Текст] / А. И. Китайгородский. – М. : Гос. изд. технико-технич. литературы, 1952. – 588 с.
42. Гурський П. В. Дослідження впливу концентрації солі плавильної на упорядкованість структури пасти закусочної на основі сиру кисломолочного нежирного [Текст] / П. В. Гурський // Молочна промисловість. – 2006. – № 2 (27). – С. 32–33.
43. Григорьева, В. Н. Смеси растительных масел – биологически полноценные продукты [Текст] / В. Н. Григорьева, А. Н. Лисицын // Масложировая пром-сть. – 2005. – № 1. – С. 8–9.
44. Каталог «Витамины и каротиноиды фирмы «Хоффманн – Ла Рош» для пищевой промышленности» [Текст]. – М., 1998. – С. 27–32.
45. Перцевой, Ф.В. Технология получения растительных масел и пищевых продуктов, обогащенных каротиноидами [Текст] : монография / Ф. В. Перцевой, Ю. А. Савгира, Н. В. Камсулина [и др.]. – Х. : ХГАТОП, 2002. – 229 с.
46. Перцевой, Ф. В. Разработка технологии получения икры белковой красной [Текст] : дис. ... канд. тех. наук / Перцевой Федор Всеволодович. – М., 1983. – 173 с.

47. Абрамзон, А. А. Эмульсии [Текст] / А. А. Абрамзон. – М : Химия, 1972. – 448 с.
48. Гуров, А. И. Методы оценки эмульгирующих свойств пищевых белков [Текст] / А. И. Гуров // Пищевая и перерабатывающая пром-сть. – 1987. – № 1. – С. 61–63.
49. Гуров, А. И. Новые методы оценки эмульгирующих свойств белков [Текст] / А. И. Гуров, Н. В. Лозинская [и др.]. // Труды всесоюзн. совещ. Физическая химия структурирования пищевых белков. – Таллин : Таллинский политех. ин-т, 1983. – С. 648–649.
50. ГОСТ 30004.2. Майонезы. Правила приемки и методы испытаний [Текст]. Введ. 01.01.96. – К. : Госстандарт Украины, 1995. – 18 с.
51. Тиняков, Г. Г. Микроструктура молока и молочных продуктов. [Текст] / Г. Г. Тиняков, В. Г. Тиняков. – М.: Пищевая пром-сть, 1972. – 256 с.
52. Перцевий Ф. В. Колоїдно-хімічні перетворення в процесі виготовлення паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного [Текст] / Ф. В. Перцевий, Ю. О. Савгіра, П. В. Гурський // Молочна промисловість. – 2004. – № 6 (15). – С. 8–9.
53. Мостовая Л. Н. Технология десертной продукции эмульсионного типа с использованием стабилизационных систем на основе крахмала: дис.... канд. техн. наук [Текст] / Л.Н. Мостовая. – Харьков, 2001. – 304 с.
54. Гринченко О. А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции на основе полуфабрикатов функциональных композиций: дис...д-ра. техн. наук [Текст] / О. А. Гринченко.– Харьков, 2005. – 386 с.
55. Колесникова М. Б. Емульгуючі та стабілізуючі властивості полісахаридів і їх використання в технології емульсійних соусів [Текст] / М. Б. Колесникова, Л. М. Крайнюк, П. П. Пивоваров // Вісник ДОНДУЕТ. – 1999. – № 4. – С. 97–103.
56. Тарасова Л. И. Полисахариды как стабилизаторы майонезных эмульсий [Текст] / Л. И. Тарасова, Г. П. Михайлова, А. С. Стеценко и др. // Пищевая пром-сть. – 1994. – № 11. – С. 8.
57. Буянова, И. В. Качество сырья для сырных паст [Текст] / И. В. Буянова, Е. С. Красавина // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 6. – С. 73–74.
58. Кочеткова А. А. Пищевые гидроколлоиды: теоретические заметки [Текст] / А. А. Кочеткова // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2000. – № 1. – С. 10–11.

59. Технология переработки продуктов питания с использованием модификаторов: Монография [Текст] / Ф.В. Перцевой, Ю.А. Савгира, А.Л. Фоцан и др. ; под ред. Ф. В. Перцевого. – Х.: ХГАТОП, 1998. – 177 с.
60. . Иванова Е. А. Полисахариды – компоненты новых продуктов [Текст] / Е. А. Иванова // Пищевая пром-сть. – 1991. – № 1. – С. 86.
61. Бакулина О. Н. Галактоманнаны: аспекты использования [Текст] / О. Н. Бакулина // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. – № 1. – 2000. – С. 20–21.
62. *Атаев М.М.* О пищевых студнях производных альгиновой кислоты и некоторых других полисахаридов морских водорослей: Дис...канд. техн. наук. [Текст] / *М.М. Атаев* -М. -1992. -188 с.
63. *Бабин И.П.* Исследование пищевых студней некоторых полисахаридов морских водорослей: Дис...канд.. техн. наук. -М., 1975. -139 с.
64. *Браудо Е.Е.* Структурообразование гелеобразующих полисахаридов в пищевых системах: Дис...канд. техн. наук. [Текст] / *Е.Е. Браудо*–М, 1990. -179 с.
65. *Перцевой Ф.В.* Разработка технологии получения икры белковой красной дис...канд. тех. наук. [Текст] / *Ф.В. Перцевой* -М.: 1983. 173 с.
66. Рео–Вискозиметр по Хепплеру Техническое описание, способ употребления и возможности применения. – VEB MLW PRUFGERATE–WERK MEDINGEN/DRESDEN: 1983. – 22 с.
67. Корешков А. П. Основы аналитической химии: в 2 т. [Текст] / А. П. Корешков – М. : Химия, – Т 2: Теоретические основы. Количественный анализ. – 1971. – 455 с.
68. Гурський П. В. Дослідження міцності та тривалості структуроутворення розчинів драглів для використання в пастах закусочних. [Текст] / П. В. Гурський // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць / Харківський держ. ун–т харчування та торгівлі. – Х., 2007. – Вип. 1 (5). – С. 78–82.
69. Остриков А. Н. Исследование гороха с белковой добавкой методом дифференциально-термического анализа. [Текст] / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, В. Н. Василенко // Известия ВУЗОВ Пищевая технология. – № 2. – 2003. – С. 94–96.
70. Остриков А. Н. Исследование форм связи влаги в топинамбуре методом дифференциально-термического анализа. [Текст] / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, И. А. Зуев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 7. – С. 33–35.
71. Дослідження процесу плавлення сирної пасти за допомогою

дериватографа Q-1000 [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, А. Л. Фощан, Л. О. Чуйко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць / Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2005. – Вип. 2. – С. 35–41.

72. Пилюян Г.О. Введение в теорию термического анализа. [Текст] / Г.О. Пилюян – М.: Наука, 1964. – 284 с.

73. Корешков А. П. Основы аналитической химии: в 2 т. [Текст] / А. П. Корешков – М. : Химия, – Т 2: Теоретические основы. Количественный анализ. – 1971. – 455 с.

74 Фаррар Т. Импульсная и Фурье-спектроскопия ЯМР. [Текст] / Т. Фаррар, Э. Беккер . – М.: Мир, 1973. – С. 163.

75. Пат. 45798 А Україна, МПК G 01 N 24/00. Спосіб визначення кількості вологи у харчових продуктах. [Текст] /Торяник О. І., Дьяков О. Г. – №2001074759; заявл. 09.07.01; опубл. 15.04.2002; Бюл. № 4.

76. Дьяков А. Г. Система управления спектрометром ЯМР. [Текст] / А. Г. Дьяков, А. Ф. Даниленко // Сборник научных трудов НТУ ХПИ Информатика и моделирование – 2003. – № 26. – С.119–123.

77. Вода в пищевых продуктах /Под ред. Р.Б. Дакуорта. [пер. с англ.] – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.

78. Полянский К.К. Дифференциальный термический анализ пищевых жиров. [Текст] / К.К. Полянский, С.А. Снегирев, О.Б. Рудаков. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 85 с.

79. Торяник А. И. Определение влагосодержания в пищевых продуктах методом ЯМР: Методическое пособие для аспирантов. [Текст] / А. И. Торяник, А. Г. Дьяков., Д. А. Торяник – Х.: ХГУПТ, 2003. – 20 с.

80. Дослідження стану води в сирній масі на імпульсному спектрометрі ЯМР [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, О. Г. Дьяков, Н. В. Федак // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту сільськ. госп. імені П. Василенка : зб. наук. праць / Харківський нац. техн. ун-т сільськ. госп. імені П. Василенка. – Х., 2005. – Вип. 38 : Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв. – С. 135–142.

81. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания: Метод. указания [Текст] / А. С. Ратушный, В. Г. Топольник. – М.: Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.

82. Системные исследования технологий переработки продуктов питания. [Текст] / О.Н. Сафонова, Ф.В. Перцевой, А.Л. Фощан и др.; под ред. О.Н. Сафоновой. – Х.: ХГАТОП и ХГТУСХ, 2000. – 200 с.

83. Дьяконов В.П. Компьютерная математика. Теория и практика. [Текст] / В.П. Дьяконов. – М.: Нолидж. 2001.– 1296 с.
84. Полевич В.В. Моделювання технологічних процесів і розробка прогресивного обладнання для переробки харчової сировини: Дис... д-ра. техн.наук. [Текст] / В.В. Полевич– Харків, 2002. – 271 с.
85. Гурський П. В. Моделювання процесу плавлення пасти закусочної на основі сиру кисломолочного знежиреного [Текст] / П. В. Гурський, В. В. Полевич, Ф. В. Перцевий // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту сільськ. госп. імені П. Василенка : зб. наук. праць / Харківський нац. техн. ун-т сільськ. госп. імені П. Василенка. – Х., 2007. – Вип. 38 : Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв. – С. 173–177.
86. Рудакова Т. В. Розроблення технології комбінованих продуктів тривалого строку зберігання на основі сиру кисломолочного: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів. [Текст] / Т. В. Рудакова. – К., 2006. – 19 с.
87. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник /Под ред. Ю. А. Мачихина. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
88. Горбатов А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов: Справочник / А.В. Горбатов– М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 286 с.
89. Какимов А.К. Исследование релаксационных характеристик плавленых сыров. [Текст] /А.К. Какимов, Ж.Х. Какимова, Н.Б. Гаврилова //Сыроделие и маслоделие. – 2004. – №2. – С. 38–40.
90. Перцевий Ф. В. Дослідження впливу сиру кисломолочного на реологічні характеристики пасти закусочної [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський // Молочна промисловість. – 2005. – №7 (22). – С. 30–32.
91. Структурообразование в плавленых сырах [Текст] / Н. П. Захарова, О. В. Лепилкина, Т. М. Коновалова, Г. Б. Бухарина // Сыроделие и маслоделие. – № 2. – 2002. – С. 27–28.
92. Классификация плавленых сыров / Н. П. Захарова, Н. Ю. Соколова, О. В. Лепилкина, Т. М. Коновалова // Сыроделие. – № 1. – 2000. – С. 16–20.
93. Перцевий Ф. В. Дослідження впливу олії рафінованої на реологічні характеристики пасти закусочної [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, Д. О. Бідюк // Обладнання та технології харчових виробництв : зб. наук. праць / Донецький нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, 2006. – Вип. 15. – С. 174–179.

94. Реологічні методи дослідження сировини та харчових продуктів та автоматизації розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник [Текст] / А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров, М. І. Погожих, В. В. Полевич, О. О. Гринченко, П. В. Гурський. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 68 с.

95. ISO 6658:1985. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство // www.ars_russia.com.

96. ISO 11036:1994. Сенсорный анализ. Методология. Метод профиля текстуры // www.ars_russia.com.

97. Тильгнер Д.Е. Органолептический анализ пищевых продуктов [Текст] / Д.Е. Тильгнер – М.: Пищепромиздат, 1962. – 338 с.

98. Малинина И. Л. Практические аспекты технологий производства комбинированных молочных продуктов. [Текст] / И.Л. Малинина, А.А. Мухин // Пищевая пром-сть. – 2001. – № 2. – С. 22–23.

99. Захарова Н. П. Молекулярно-массовое распределение казеинов в золь-фазе параказеина. [Текст] / Н. П. Захарова, Н. Ю. Соколова, Е. В. Кононова и др. // Молочна пром-сть. – 1995. – № 1 – С. 29–30.

100. Детерман Г.С. Гель-хроматография. Учеб.пособ. / Г.С. Детерман – М: Мир, 1970. – 252 с.

Розділ 3. Розробка технології паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного.

3.1. Розробка рецептури та технології паст закусочних

Наукове обґрунтування рецептури (табл. 3.1) нормативно закріпленої в розроблених та затверджених технічних умовах ТУ У 15.5-01566330-190:2006 «Паста закусочні з кисломолочного сиру», технологію та схему технологічного процесу (рис. 3.2) паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного здійснювали на основі проведеного комплексу експериментальних досліджень з основними рецептурними компонентами, модельною системою та з готовим продуктом.

Для визначення рецептурного складу з метою збереження основних закономірностей технологічного процесу, було розроблено модель технологічної схеми отримання паст закусочних як технологічну систему, функціональні складові частини якої методом декомпозиційно-агрегативного підходу можна виділити у вигляді окремих підсистем А, В, С, D (рис. 3.1).



Рис. 3.1 Модель технологічної схеми виробництва паст закусочних

Модель технологічної схеми будували на основі синтезу функціонування та взаємозв'язку кожної з підсистем, що регламентувався і забезпечувався результатами проведених досліджень (підрозділи 3.1...3.6).

За основні критерії функціонування даної моделі технологічної схеми отримання паст закусочних приймали органолептичні та фізико-хімічні показники, безпечність споживання і харчову цінність готового продукту [1].

Для обґрунтування технологічних стадій (рис. 3.2) розроблену модель технологічної схеми виробництва паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного (рис. 3.1) як цілісну технологічну систему нами було декомпововано на наступні підсистеми: підсистема А «Отримання паст закусочних» – утворюється внаслідок синтезу підсистеми В «Теплова обробка, формування структури і смаку».

Таблиця 3.1 Зведена рецептура паст закусочних на 100 кг

Інгредієнти	Масова частка сухих речовин, %	Загальні витрати сировини з урахуванням втрат в технологічному процесі, кг	
		фактично	в сухих речовинах
Сир кисломолочний нежирний	26	40	10,40
Молоко сухе знежирене	95	4	3,80
Олія рафінована дезодорована	99,9	25	24,98
Цитрат натрію	96	2	1,92
Сіль кухонна	96,5	0,27	0,26
Натрій двовуглекислий	50	0,26	0,13
Агар	94	1,3	1,22
Сорбат калію*	95	0,1	0,10
Ароматизатор ідентичний натуральному Butter Buds Food Ingredients:			
«Сир»	96	0,5	0,48
«Гриби»	96	0,5	0,48
«Бекон»	96	0,5	0,48
Вода		29,36	–
Всього		102,79	43,28
Вихід			43,28
*Використовується для продукції тривалого терміну зберігання			

В свою чергу, утворення підсистеми В відбувається в процесі синтезу підсистеми С «Формування емульсії», що ієрархічно залежить від підсистеми D «Формування функціональної білкової основи». Отже, враховуючи те, що існування даної технологічної системи в цілому забезпечується функціонуванням та ієрархічною залежністю її окремих підсистем А, В, С, D, для дослідження і наукового обґрунтування технологічних стадій отримання паст закусочних, в межах цих підсистем їх було декомпозовано до окремих завдань (табл. 3.2), вирішення яких в цілому забезпечує досягнення основної мети системи [2, 3, 4].

Підсистема D «Формування функціональної білкової основи» забезпечує зміну функціонально-технологічних властивостей молочного білка: зростання вологоутримуючої здатності, підвищення гідратаційних властивостей, збільшення його буферної ємності шляхом впливу на активну кислотність сиру

кисломолочного нежирного за допомогою натрію двовуглекислого, який виконує роль коректора активної кислотності та солі-плавителя – цитрату натрію, що забезпечує необхідний іонообмін в білковій основі.

Таблиця 3.2 Структура та завдання складових частин технологічної системи

Підсистема		Завдання підсистеми
позначення	назва	
А	Отримання паст закусочних	Отримання паст закусочних з пастоподібною, пластичною структурою здатною зберігати задані властивості під час зберігання за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей основних інгредієнтів
В	Теплова обробка, формування структури і смаку	Обґрунтування температури та тривалості теплової обробки, обґрунтування концентрації агару – основної структуроутворюючої компоненти, обґрунтування концентрації смако-ароматичних інгредієнтів.
С	Формування емульсії	Обґрунтування концентрації соняшникової олії рафінованої дезодорованої, зменшення температури теплової обробки, збільшення пластичних і зменшення пружних властивостей. Підвищення харчової цінності готового продукту.
Д	Формування функціональної білкової основи	Забезпечення зростання вологоутримуючої здатності білка сиру кисломолочного, покращення його розчинності, підвищення гідратаційних властивостей, збільшення його буферної ємності.

Експериментально встановлено раціональне значення активної кислотності рН 5,8...6,2, що забезпечує необхідні умови для гідратації молочного білка; раціональні значення концентрацій натрію двовуглекислого 0,4±0,1 %, цитрату натрію 2±0,2 %, що забезпечують збільшення ВУЗ білка в межах 75±2 % за рахунок зменшення кількості «вільної» води в рецептурній суміші (рис. 3.12, 3.40, 3.42, 3.43, 3.44, 3.45, 3.46), позитивно впливають на процес підготовки білкової основи до теплової обробки (рис. 2.5, 2,7) і не впливають негативно на смакові якості паст закусочних. Важливе значення при цьому має тривалість дозрівання (30±2)×60 с білкової основи паст закусочних (рис. 2.10), протягом якої внаслідок гідролізу цитрату натрію відбувається руйнування «кальцієвих містків» (рис.2.6, 2.9) молочного білка,

покращується його розчинність (табл. 2.1) та збільшується гідратація (рис. 2.5, 2.7).

Підсистема С «Формування емульсії» забезпечує утворення білково-жирової емульсії, що впливає на температуру теплової обробки, тривалість структуроутворення, на структурно-механічні показники, підвищує харчову цінність паст закусочних.

Встановлено, що за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40 ± 2 % забезпечується емульгуюча здатність білкової основи в межах 32 ± 1 об. од. внесення в рецептуру молока сухого нежирного за вмісту $6\pm 0,5$ % збільшує емульгуючу здатність до 52 ± 2 об. од., цитрат натрію за вмісту $2\pm 0,1$ % забезпечує емульгуючу здатність білкової основи 50 ± 2 об. од.

Експериментально доведено що тепла обробка за температури 80 ± 2 °С сприяє підвищенню кінетичної стійкості і за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40 ± 2 % та олії 25 ± 2 % вона складає 95 ± 2 %. Агрегативна стійкість модельної системи паст закусочних складає 96...98 %.

Враховуючи сучасні тенденції щодо зниження вмісту жиру і холестерину в харчуванні людини, дослідження в межах підсистеми були направлені на встановлення можливості повної заміни молочного жиру соняшниковою рафінованою дезодорованою олією, обґрунтування її концентрації в рецептурі паст закусочних в межах 25...35 % та визначення харчової цінності готового продукту.

Підсистема В «Теплова обробка, формування структури і смаку» в результаті температурного впливу, дії натрію двовуглекислого та цитрату натрію [5, 6, 7], внесення агару [8, 9, 10, 11, 12] в якості стабілізатора, ароматизатора Butter Buds Food Ingredients в кількості $0,5\pm 0,01$ % [13, 14...16] та інтенсивного перемішування забезпечує стабілізацію структури, формування текстури та смакові якості готового продукту.

Реалізацію завдань даної підсистеми здійснювали, нагріваючи підготовлену білково-жирову емульсію до температури 80 ± 2 °С.

Експериментально встановлено (рис. 2.35...2.37), що сир кисломолочний нежирний і агар підвищують температуру теплової обробки, а олія – знижує. В цілому за вмісту основних компонентів паст закусочних: сиру кисломолочного нежирного 40 ± 2 %, олії 25 ± 2 %, агару $1,3\pm 0,1$ % температура теплової обробки складає 80 ± 2 °С.

Введення в рецептуру агару за вмісту $1,3\pm 0,1$ % забезпечує високий рівень зшивки макромолекул, утворення структурної сітки (рис. 2.47), зменшує втрати води під час теплової обробки на $6\pm 0,5$ % (рис. 2.45, 2.46, 2.51).

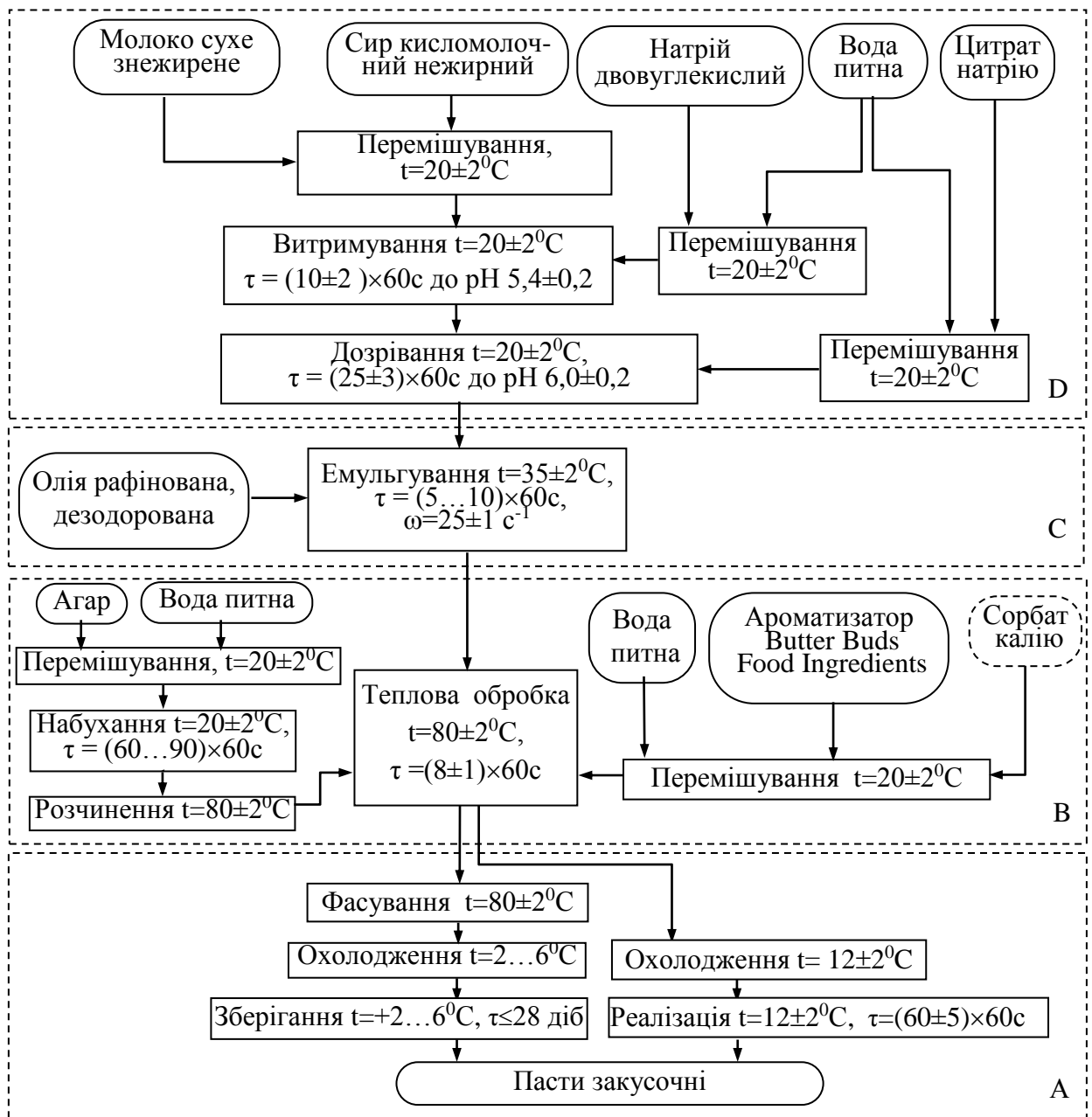


Рис. 3.2 Технологічна схема виробництва паст закусочних на основі кисломолочного сиру нежирного

Встановлено (рис. 3.48, 3.49), що раціональною тривалістю теплової обробки є $(8 \pm 2)\times 60\text{ с}$ і подальше нагрівання протягом $(2\pm 0,5)\times 60\text{ с}$ призводить до зайвих втрат вологи на $\sim 15\pm 3\%$.

Математичним моделюванням (рис. 3.52...3.54) визначено оптимальні значення основних компонентів паст закусочних: сиру кисломолочного $40\pm 2\%$, олії $25\pm 2\%$, агару $1,3\pm 0,1\%$ та температуру теплової обробки в межах $80\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Введення агару в рецептуру паст пов'язано з його властивістю набрякати та в гарячій воді утворювати колоїдні розчини з високою в'язкістю, що під час охолодження дають міцні драглі навіть за невеликої концентрації за

рахунок утворення структурної сітки (рис. 2.47), які здатні суттєво підвищувати опір готового продукту до руйнування. Крім того агар сприяє упорядкованості структури (рис. 2.30...2.33), скорочує тривалість структуроутворення (рис. 3.39), збільшує температуру, зменшує тривалість теплової обробки паст закусочних (рис. 2.36, 2.43, 2.44, 2.48, 2.49).

Введення ароматизатора в рецептуру паст закусочних обумовлено необхідністю надання їм специфічних органолептичних властивостей.

Підсистема А «Отримання паст закусочних». Для реалізації завдань підсистеми гомогенізовану розплавлену масу за температури 80 ± 2 °C фасували у споживчу тару і охолоджували до температури 18 ± 2 °C. Охолоджений фасований готовий продукт зберігали за температури $+2 \dots$ °C протягом 28 діб [17].

3.2 Дослідження фізико-хімічних характеристик паст закусочних в процесі зберігання.

3.2.1 Зміни структурно-механічних характеристик.

Зберігання є одним з важливих етапів, які впливають на якість готової продукції, що обумовлює необхідність вивчення впливу режимів та термінів зберігання на показники якості паст закусочних.

З метою встановлення раціональної тривалості зберігання за температури $+2 \dots 6$ °C вивчено зміни структурно-механічних характеристик свіжовиготовлених паст закусочних та протягом 35 діб зберігання в упакованому вигляді (полістирольні коробочки із запаюванням фольгою) (рис. 3.3), визначено загальну деформацію, в'язкість, відносні пружність, пластичність, еластичність, час релаксації (табл. 3.3) [18, 19, 20, 21].

Варто відзначити, що умови зберігання для паст закусочних на основі сиру кисломолочного були обрані з урахуванням вимог, що пред'являються до зберігання продукції даного виду (зберігання за температури 4 ± 2 °C в герметичній споживчій тарі).

З аналізу кривих повзучості паст закусочних встановлено (рис. 3.3), що найбільш текучим є зразок після першої доби зберігання із загальною деформацією $225,0 \cdot 10^{-3}$; після семи діб зберігання загальна деформація (табл. 3.3) зменшується не суттєво і складає $191,0 \cdot 10^{-3}$, що підтверджується незначним зростанням умовно-миттєвого модуля пружності (рис. 3.4). Під час подальшого зберігання паст загальна деформація зменшується повільно, в середньому в 1,1 рази, і на 28 добу зберігання складає $121,0 \cdot 10^{-3}$.

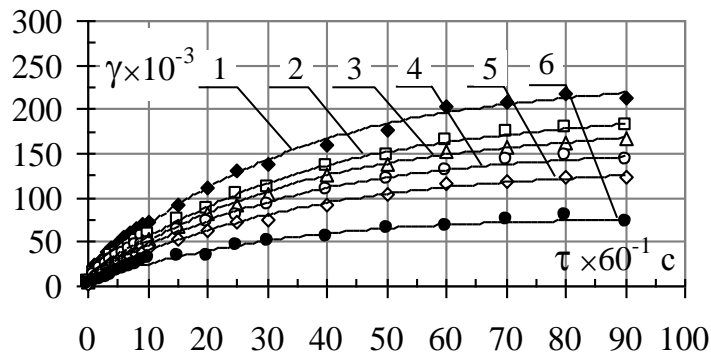


Рис. 3.3 Кінетика повзучості пасти закусочної протягом зберігання, діб: 1 – 1; 2 – 7; 3 – 14; 4 – 21; 5 – 28; 6 – 35

Отже, можна вважати, що протягом терміну зберігання відбувається незначне ущільнення готового продукту внаслідок часткової втрати вільної вологи, що підтверджується незначним зростанням умовно миттєвого модуля пружності і повільним незначним зростанням високоеластичного модуля після 21 діб зберігання (рис.3.4).

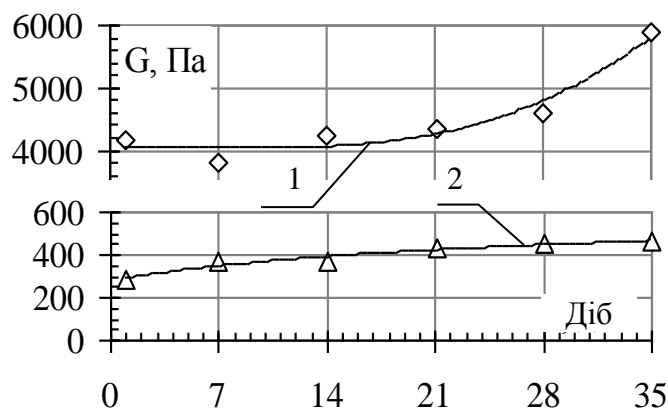


Рис. 3.4. Залежність умовно миттєвого модуля пружності (1), високоеластичного модуля (2) пасти закусочної від тривалості зберігання

З аналізу графіків (рис.3.4) залежності модулів від тривалості зберігання встановлено, що після 14 діб зберігання умовно миттєвий модуль пружності протягом наступного терміну зберігання утримує тенденцію незначного рівномірного збільшення на $\sim 120 \pm 10$ Па. При цьому високоеластичний модуль через кожні наступні 7 діб зберігання зростає лише на $\sim 10 \pm 2$ Па (табл.3.3). Після 28 діб зберігання спостерігається різке підвищення умовно миттєвого модуля пружності, який на 35 добу зберігання складає до 5800 ± 10 Па і характеризує втрату пластичних властивостей структури.

Результати розрахунків відносної пластичності, еластичності та пружності готового продукту (рис.3.5) підтверджують, що під час зберігання до 21 діб пластичні властивості паст зберігаються майже на одному рівні.

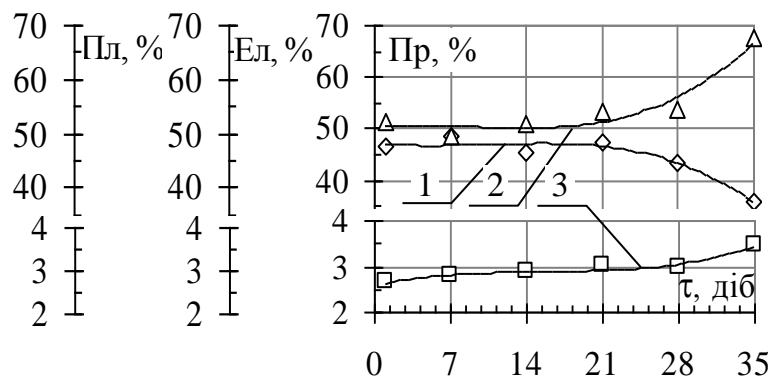


Рис. 3.5. Залежність відносних пластичності (1), еластичності (2), пружності (3) від тривалості зберігання паст закусочних

Але під час подальшого зберігання протягом наступних 7 днів вони зменшуються на 10 ± 2 % і особливо не погіршують органолептичні показники готового продукту. Еластичність продукту протягом перших 14 днів не змінюється, а протягом наступних 14 днів зберігання на кожні 7 днів має тенденцію поступового зростання на 6 ± 2 %, тобто на 35 день зберігання зростають на 18 % і суттєво впливають на органолептичні показники.

Таблиця 3.3 Структурно-механічні характеристик паст закусочних під час зберігання.

Позначення	Найменування показника	Термін зберігання, днів					
		1	7	14	21	28	35
$\gamma_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	113,20	101,29	87,64	78,71	72,65	68,60
$\gamma_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	111,80	89,71	75,86	64,29	48,35	32,58
$\gamma_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	225,00	191,00	163,50	143,00	121,00	98,00
P	Напруження зсуву, Па	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Податливість, Па^{-1}	$6,9 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$
$G_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	4241,25	4342,50	4450,00	4510,75	5010,72	5620,00
$G_{ел.}$	Високо-еластичний модуль, Па	309,27	342,14	394,56	436,58	470,84	510,62
η	В'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$9,86 \cdot 10^5$	$1,94 \cdot 10^6$	$2,31 \cdot 10^6$	$2,71 \cdot 10^6$	$3,60 \cdot 10^6$	$4,80 \cdot 10^6$
K	Відношення деформацій ($\gamma_{зв.} / \gamma_{заг.}$)	0,52	0,53	0,54	0,55	0,60	0,70
Pr	Відносна пружність, %:	2,11	2,99	2,91	2,66	2,64	4,28
Pl	Відносна пластичність, %:	48,47	46,97	46,40	44,96	39,96	30,24
El	Відносна еластичність, %:	49,42	50,04	50,69	52,38	57,40	63,56
Θ	Період релаксації, с	5671,36	5999,41	6186,35	6513,93	7998,17	8436,54

Після 28 днів зберігання протягом наступних 7 днів відносна пластичність зменшується на 12 %, при цьому відносна еластичність зростає на 1 %. Відносна пружність після зберігання 28 днів зростає на $1 \pm 0,2$ Па і суттєво не впливає на органолептичні показники паст.

Отже, під час зберігання паст закусочних протягом 21 днів відносна еластичність, пластичність та пружність готового продукту суттєво не

змінюються (рис.3.5). Суттєві зміни відносних еластичності та пластичності відбуваються після з 28 діб протягом останніх 7 діб зберігання. Подальше зберігання паст закусочних після 28 діб не раціональне і може спричинити суттєве зниження пластичних та підвищення еластичних властивостей можливо внаслідок впливу білка та агару на перерозподіл вологи, що може призвести до зниження органолептичних показників.

3.2.2 Зміни активної кислотності.

Активна кислотність паст закусочних значною мірою характеризує смакові характеристики готового продукту. Тому важливо встановити значення рН протягом всього терміну зберігання [22].

Під час досліджень визначали кінетику змін активної кислотності паст закусочних на основі сиру кисломолочного протягом встановленого терміну зберігання 28 діб (рис.3.6) та порівнювали її з контрольними зразками: контроль-1 – паста закусочна «Хрещатик» контроль-2 – плавлений сир «Янтар».

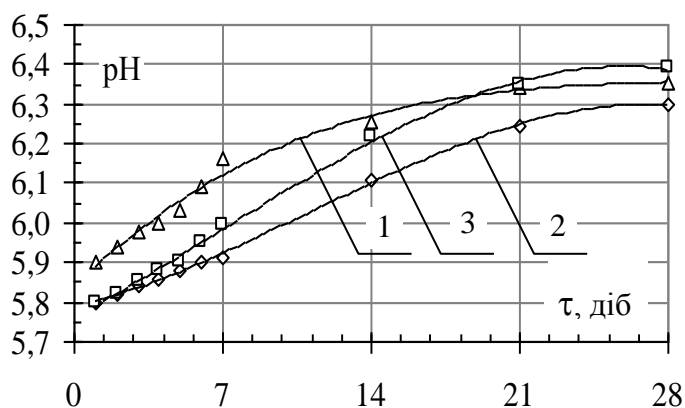


Рис. 3.6. Зміна активної кислотності протягом зберігання: 1– паста закусочна, 2 – контроль-1, 3 – контроль-2

Протягом зберігання в пасті закусочній і контрольних зразках активна кислотність зростає в нейтральний бік в межах від рН 5,9...6,0 в зразках свіжовиготовлених до рН 6,2...6,3 на 28-у добу зберігання. Тобто можна зробити висновок, що розроблений продукт протягом зберігання 28 діб має тенденцію змін активної кислотності однаковою з контрольними зразками, що користуються попитом у споживачів.

3.2.3 Дослідження втрат вологи.

Експериментальні дослідження втрат вологи, що має різні форми зв'язку з білком проводили на основі аналізу кривих зміни маси (ТГ), диференціальної термогравіметрії (ДТГ і ДТА) та температури (Т) (рис. 3.7).

Встановлено, що втрати маси внаслідок втрати вологи в процесі зберігання паст закусочних відбуваються ендотермічно, що зафіксовано на

кривих ДТГ і ДТА в три стадії у свіжовиготовленому продукті та в дві стадії у готовому продукті після зберігання 28 діб [1, 18, 23, 24].

Під час нагрівання свіжовиготовленого зразка температурний інтервал 55...58°C (I діапазон – початок поліморфних перетворень білка) характеризується слабким ендотермічним піком, який відображає теплові процеси, що відбуваються в пасті під час інтенсивного виділення води в наслідок термічного впливу з втратою маси 16,6 %. Це може бути слабо зв'язана вода, яка знаходиться в мікропорах системи.

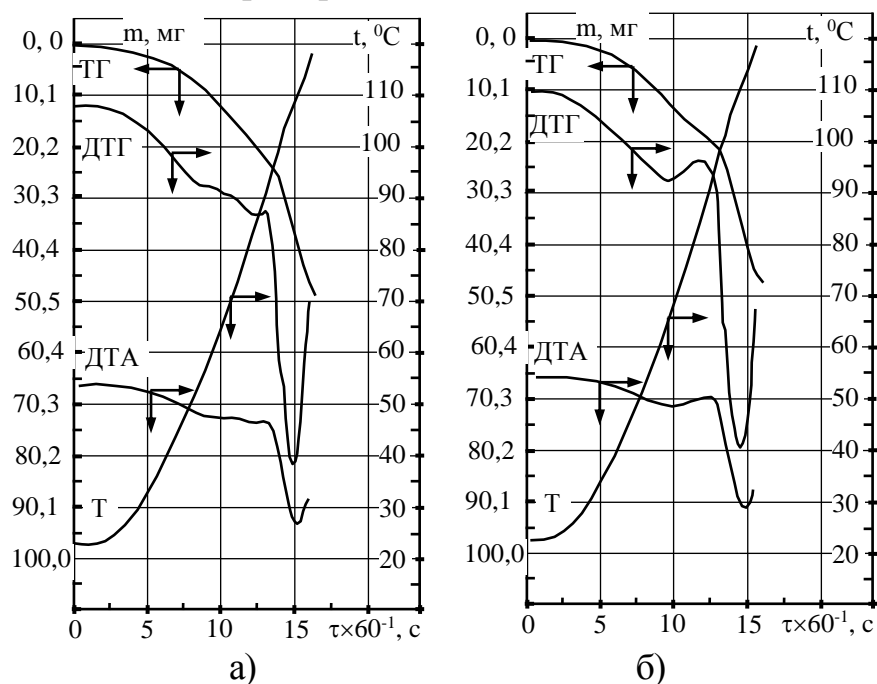


Рис.3.7. Залежність втрати маси (ТГ), швидкості втрати маси (ДТГ), теплових ефектів (ДТА) за неізотермічних умов від тривалості теплової обробки пасту закусочної: а– паста свіжовиготовлена; б – після зберігання 28 діб

Температурний інтервал 80 ± 2 °C свіжовиготовленого зразка (II діапазон – основний діапазон теплової обробки) характеризується ендотермічним піком, який відображає теплові процеси, що відбуваються в пасті під час завершення процесу обробки і характеризують підвищення гідратаційної здатності білка під впливом температури та часткове видалення води слабо зв'язаної з білком. Інтенсивність видалення води складає ~59,6 %.

Під час нагрівання зразка, що зберігався 28 діб, відбуваються поліморфні перетворення в білковій системі, що характеризуються ендотермічним піком за температури 80 ± 2 °C – основний діапазон теплової обробки, який відображає теплові процеси, що відбуваються в пасті під час завершення процесу обробки і характеризують підвищення гідратаційної здатності білка під впливом температури та агару на утримування води слабо зв'язаної з білком структурним каркасом. При цьому втрати вологи

складають близько 27,5 %. А за температури 90 ± 3 °C складають 37,5 %, що на 22,7 % менше ніж у свіжовиготовленого зразка.

У температурному інтервалі 110...115 °C (III діапазон – деструктивних змін) зафіксовано глибокий ендотермічний пік, як у свіжовиготовленого зразка, так і у зразка після зберігання, що відображає теплові процеси, які відбуваються в пасті під час руйнування структури вуглеводів і білка з виділенням газоподібних фракцій.

Отже, дослідженнями підтверджено, що під час зберігання паст закусочних протягом 28 діб відбувається незначне упорядкування структури готового продукту, яке запобігає втратам вологи внаслідок перерозподілу вологи в структурі в результаті взаємодії білка та агару.

3.3 Дослідження харчової та біологічної цінності паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного

Харчова та біологічна цінність продуктів харчування визначається вмістом в них білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин та вітамінів. В розробленому асортименті паст закусочних, вміст харчових речовин в кожному окремому найменуванні буде індивідуальним, однак коливання абсолютних значень показників будуть незначними. У зв'язку з цим дослідження харчової цінності та їх зміни під впливом різних технологічних чинників вважаємо можливим проводити на конкретному прикладі паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного.

Біологічна і харчова цінність білків є інтегральним показником, що визначається якістю і кількістю білка в раціоні, перетравлюваністю білка протеїназами шлунково-кишкового тракту, швидкістю всмоктування амінокислот і наступною утилізацією амінокислот, що всмоктуються, на «пластичні» нестатки організму [27...31].

Відомо, що білки сиру кисломолочного нежирного мають велику біологічну цінність, яка визначається як амінокислотним складом, так і їхньою перетравлюваністю і метаболічними перетвореннями екзогенних амінокислот, що всмокталися.

Казеїн, що є головним білком сиру кисломолочного – основи паст закусочних має низку специфічних властивостей, які сприяють його адаптації до процесу травлення [27, 32...34]:

–по-перше, це здатність до зсідання (тобто утворення згустків у кислому середовищі) під дією деяких протеїназ, а також у присутності іонів кальцію;

–по-друге, казеїн відноситься до білків, що утворюють у розчині складні агрегати — міцели;

–по-третє, казеїн добре гідролізується протеолітичними ферментами, що дозволило деяким дослідникам порівнювати цей білок по гідролізуємості з глобулярними білками у денатурованому стані [25, 29, 35, 36,];

–по-четверте, казеїн відрізняється деякими фізико-хімічними властивостями та хімічним складом (табл. 3.4) від глобулярних білків.

Показники харчової цінності визначали за відомими методиками [25, 35, 36].

Загальний хімічний склад (табл. 3.4) і харчову цінність (табл. 3.5...3.7) паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного визначали за вмістом у її складі білків, жирів, вітамінів та мінеральних речовин.

Таблиця 3.4 Загальний хімічний склад паст закусочних

Найменування	Вміст, %
Масова частка вологи	58,7±1,0
Масова частка сухих	43,3±1,0
Масова частка білка	8,7±0,3
Масова частка жиру	26,9±0,5
Масова частка вуглеводів	2,8±0,1
Масова частка золи	4,9±0,5

Аналізуючи загальний хімічний склад (табл.3.4) слід відмітити, що у складі паст закусочних виявлено 8,7±0,3% білкових речовин, які забезпечуються основними білокмісткими рецептурними компонентами – сиром кисломолочним нежирним та сухим молоком і складають 17,6 % від загального вмісту сухих речовин.

З точки зору біологічної цінності крім загального вмісту білка в продукті досить важливим є і його якість, яка характеризується в першу чергу, вмістом і співвідношенням есенціальних амінокислот.

Для встановлення біологічної цінності паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного визначали її амінокислотний склад (табл.3.5).

В ході досліджень (табл. 3.5) ідентифіковано і кількісно визначено 18 амінокислот, сумарний вміст есенціальних амінокислот складає 32,96 %, що дозволяє характеризувати пасту закусочну на основі сиру кисломолочного нежирного, як продукт високої біологічної цінності.

Таблиця 3.5 Вміст амінокислот в пасті закусочній

Амінокислота	Вміст	
	мг/100г	%
1	2	3
валін	492,24	5,62
ізолейцин	371,55	4,24
лейцин	734,43	8,38
лізин	328,62	3,75
метионін	232,4	2,65
треонін	331,58	3,79
триптофан	85,6	0,98
фенілаланін	310,83	3,55
Незамінні всього	2887,25	32,96
аспаргін	656,46	7,49
серин	639,47	7,30
глутамін	1667,51	19,04
пролін	1108,82	12,66
цистін	78,44	0,90
гліцин	246,63	2,82
аланін	558,28	6,37
тирозін	302,81	3,46
гістидін	198,94	2,27
аргінін	414,48	4,73
Замінні всього	5871,84	67,04
Разом	8759,09	100

Біологічну цінність білка паст закусочних за амінокислотним складом оцінювали порівнюючи з амінокислотним складом еталонного білка ФАО/ВООЗ шляхом розрахунку амінокислотного скору (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 Амінокислотний скор білків паст закусочних

Назва амінокислоти	Вміст амінокислот в білку, мг/г		Скор, %
	ФАО/ВООЗ	Паста	
Лейцин+ізолейцин	110	118	107
Лізин+гістидін	55	55	100
Валін	50	52	103
Триптофан	10	10,1	101
Треонін	40	40	100
Фенілаланін+тирозін	60	61	102
Метіонін+цистин	35	35,2	101

Аналіз даних (табл. 3.6) показав, що паста закусочна за рівнем вмісту амінокислот не перевищує запропонований рівень ФАО/ВООЗ. Лімітуючі амінокислоти відсутні. На цьому фоні очевидна незначна перевантаженість продукту лейцином, ізолейцином.

Важливим показником біологічно повноцінного білка є не тільки наявність усіх есенціальних амінокислот, але й також їх збалансованість. Для оцінки рівнів треоніну та триптофану у складі паст закусочних, що характеризують збалансованість амінокислот нами було розраховано «триптофановий» та «треоніновий» індекси (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 Збалансованість есенціальних амінокислот у складі паст закусочних

Амінокислота	Збалансованість за «триптофановим» індексом		Збалансованість за «треоніновим» індексом	
	шкала ФАО/ВООЗ	паста закусочна	шкала ФАО/ВООЗ	паста закусочна
Треонін	2...3	4,0	1	1
Лізин+гістидін	3...5	5,5	1,1	1,37
Валін	4	5,1	1,5	1,28
Лейцин+Ізолейцин	7...10	11,7	3,1	3,0
Фенілаланін	2...4	3,7	1,1	1,0
Метіонін	2...4	2,5	0,7	0,62
Триптофан	1	1,0	0,25	0,25

Аналіз співвідношення амінокислот за «триптофановим» індексом показав, що паста закусочна перевантажена ізолейцином та валіном, проте добре збалансована за лізином, фенілаланіном та метіоніном. Аналіз співвідношення амінокислот за «треоніновим» індексом показав, що паста закусочна перевантажена лізином, проте добре збалансована за валіном, ізолейцином, лейцином та триптофаном.

Отже, узагальнюючі результати досліджень показали, що паста закусочна на основі сиру кисломолочного нежирного є джерелом повноцінного білка, в основному збалансованого за амінокислотним складом.

На доступність амінокислот впливає ряд факторів, зв'язаних головним чином з їхнім неповним перетравлюванням, що спостерігається при наявності перехресних зв'язків у молекулі білка в присутності інгібіторів протеаз, а також при інгібуванні пептидами і пептидоподібними з'єднаннями всмоктування амінокислот [28...30].

Вміст аміногруп у пробах визначали за методом Лоурі, який базується на утворенні фарбованих продуктів при взаємодії реактиву Фоліна з лужними розчинами білків за калібрувальним графіком. Інтенсивність кольору залежить від вмісту в дослідному білку амінокислот триптофану та тирозину.

В ході проведення експериментів визначали ступінь протеолізу в мг тирозину на 1 г білка в продукті (рис.3.8). Результати експериментальних досліджень підтверджують, що процес перетравлювання білка паст закусочних проходить в два етапи.

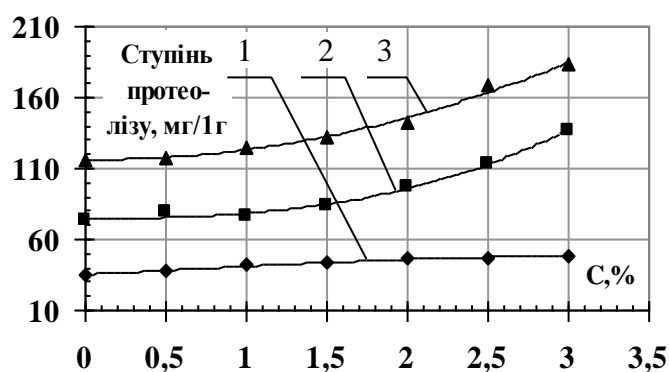


Рис. 3.8. Залежність гідролізу білка паст закусочної від вмісту цитрату натрію протеазами: 1- пепсин, 2-трипсин, 3-загальний

Ступінь гідролізу нативного казеїну в сирі кисломолочному нежирному та казеїну в обробленій закусочній пасті залежно від вмісту цитрату натрію в рецептурі суттєво не збільшується під дією пепсину (40...46 мг). Однак внаслідок сумісної дії протеаз пепсин + трипсин казеїн набуває значної ферментації (122...183 мг) не тільки зі збільшенням концентрації цитрату натрію в рецептурі паст, але й в нативному стані (116 мг) в сирі кисломолочному.

Для збільшення швидкості перетравлювання білка паст закусочних велике значення має її відповідна теплова обробка та концентрація цитрату натрію в рецептурі (рис.3.9).

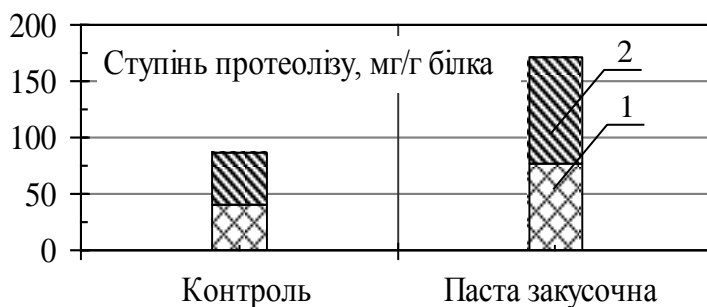


Рис. 3.9. Перетравлюваність білка паст закусочних травними ферментами: 1 – пепсиноліз, 2 – трипсиноліз

Так при нагріванні білки, очевидно зазнають певних денатураційних змін, що призводить до значного збільшення швидкості гідролізу протеолітичними

ферментами за рахунок зниження «структурного» бар'єру [28...31], при цьому, проведення помірної теплової обробки не спричиняє зниження біологічної цінності білків паст закусочних (табл. 3.4). Швидкість протеолізу білка паст закусочних (рис.3.9) відносно контрольного зразка – кисломолочного сиру нежирного зростає на 45×60 с зі збільшенням концентрації цитрату натрію в рецептурі до 2 %.

Проведені дослідження мінерального складу (табл. 3.8) показали, що зольний залишок паст закусочних містить макро- та мікроелементи. Паста закусочна є суттєвим джерелом кальцію, фосфору, калію і натрію. Крім того вона багата вмістом таких важливих мінеральних речовин, як залізо і марганець.

Таблиця 3.8 Результати досліджень мінерального складу паст закусочних

Найменування показника	Вміст, мг/100г	
	Контроль	Паста
Кальцій	120	117
Фосфор	189	126
Калій	117	95
Натрій	44	35
Залізо	0,3	0,16
Марганець	0,0078	0,006

Вивчення вітамінного складу паст закусочних (табл. 3.9) показало, що паста закусочна багата на жиророзчинний вітамін (E) токоферол та водорозчинний (P-P) ніацин.

Таблиця 3.9 Результати досліджень вітамінного складу паст закусочних

Найменування	Вміст , мг/100г	
	Контроль	Паста
Вітамін А (ретинол)	0,01	0,004
Вітамін Е (токоферол)	–	15,50
Вітамін В ₁ (тіамін)	0,04	0,028
Вітамін В ₂ (рибофлавін)	0,25	0,172
Вітамін РР (ніацин)	0,45	0,228

Дослідженнями жирнокислотного складу ліпідів встановлено (табл. 3.10), що жирова складова паст закусочних представлена як насиченими, так і ненасиченими жирними кислотами. Насичених кислот міститься 14,19 % від загального вмісту жирних кислот, серед яких домінуючими є пальмітинова (8,3 %) і стеаринова (4,1 %).

Загальний вміст ненасичених жирних кислот складає 86,01 %, серед яких відзначається високий вміст поліненасиченої лінолевої (61,97 %) та мононенасиченої олеїнової (23,47 %) кислот (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 Результати досліджень жирнокислотного складу паст закусочних

Жирна кислота		Вміст, %		
найменування	індекс	олія соняшникова рафінована дезодорована	свіжовиготовлений зразок	через 28 діб зберігання
Пальмітинова	C _{16:0}	6,17	8,52	10,43
Пальмітолеїнова	C _{16:1}	сл.	<0,2	0,22
Стеаринова	C _{18:0}	3,43	4,25	3,78
Арахідонова	C _{20:0}	0,68	0,68	0,46
Насичені		10,52	13,65	16,16
Олеїнова цис.	C _{18:1 ц}	23,38	23,57	23,06
Олеїнова транс.	C _{18:1 т}	0,60	0,57	0,30
Лінолева	C _{18:2}	65,25	62,21	60,48
Ненасичені		89,48	86,35	83,84
Всього		100	100	100

При дослідженні жирнокислотного складу після 28 діб зберігання (табл. 3.10) зафіксовано незначне зниження частки ненасичених жирних кислот (лінолевої на 2,4 %, олеїнової на 1,74 %). Загальний вміст ненасичених жирних кислот зменшується на 2,5 % за рахунок збільшення частки насичених і неідентифікованих жирних кислот.

Нами були проведені мікробіологічні і токсикологічні дослідження паст закусочних, які наведені в табл. 3.11, 3.12. Встановлено (табл. 3.11), що колиформні бактерії (БГКП) в готовому продукті, що зберігався, були стабільно відсутні; патогенних мікроорганізмів, сальмонел, *staphylococcus aureus*, *listeria monocitogenes* в досліджуваних зразках не виявлено.

Проведеними дослідженнями доведено, що мікробіологічні показники і узгоджуються з нормативами МБТиСН №5061.

Таблиця 3.11 Результати мікробіологічних досліджень паст закусочних

Показник	Норма	Результати досліджень	
		свіжовиготовлений зразок	після зберігання 28 діб
БГКП (коліформи) в 0,1 г	не допускаються	не виявлено	не виявлено
<i>Staphylococcus aureus</i> , КУО в 0,1 г	не допускаються	не виявлено	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т. ч. бактерії сальмонела в 25 г	не допускаються	не виявлено	не виявлено
Плісені, КУО в 1 г, не більше	1×10^2	$0,3 \times 10^2$	$0,5 \times 10^2$
<i>Listeria monocitogenes</i> , в 25 г	не допускаються	не виявлено	не виявлено

Отже, за мікробіологічними показниками пасти закусочні на основі сиру кисломолочного нежирного після зберігання протягом 28 діб безпечні до споживання і відповідають встановленим нормативам.

Таблиця 3.12 Результати токсикологічних досліджень паст закусочних

Показник	Допустимий рівень, мг/кг, не більше	Фактичний вміст, мг/кг
Ртуть	0,02	<0,010
Миш'як	0,2	<0,10
Мідь	4,0	0,80
Свинець	1,0	0,32
Кадмій	0,2	0,030
Цинк	50,0	11,6

Як показали результати токсикологічних досліджень (табл. 3.12), пасти закусочні на основі сиру кисломолочного нежирного відповідають критеріям безпеки щодо вмісту токсичних елементів значно менше нормативних вимог і узгоджуються з нормативами МБТиСН №5061 та ДГН №256 до даної продукції [37].

Таким чином, можна зробити висновок, що за результатами змін жирнокислотного складу (табл. 3.10) мікробіологічних та токсикологічних досліджень (табл. 3.11, 3.12) пасти закусочні на основі сиру кисломолочного нежирного безпечні до споживання і відповідають встановленим нормативам.

3.4 Дослідження сенсорних показників якості паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного

Для визначення основних органолептичних показників якості паст закусочних на основі сиру кисломолочного були проведені дослідження, направлені на розробку кількісної шкали сенсорної оцінки готового продукту за 5-бальною системою (табл. 3.13) [38...41].

Таблиця 3.13 Розробка шкали сенсорної оцінки оцінки паст закусочних

Рівень якості, бал	Показники якості, коефіцієнт важливості				
	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Смак	Текстура
	0,1	0,15	0,28	0,35	0,12
1	2	3	4	5	6
5	Поверхня чиста, рівна глянцева, однорідна	Однорідний, натуральний, виражений, притаманний пастам з відповідною назвою	Натуральний, чистий, виражений, відповідає назві, повільно вивільнюється	Натуральний, збалансований, виражений, чистий, відповідає назві, повільно вивільнюється	Пластична, пастоподібна, суцільна, структурована

1	2	3	4	5	6
4	Поверхня рівна глянцева	Однорідний, натуральний притаманний пастам з відповідною назвою	Натуральний, чистий, відповідає назві, але швидко вивільнюється	Натуральний, виражений, чистий, відповідає назві, але швидко вивільнюється	Пластична, суцільна, структурована
3	Поверхня рівна зі слабким глянцем	Натуральний притаманний пастам з відповідною назвою	Натуральний, невиражений, швидко вивільнюється	Натуральний, невиражений, відповідає назві, швидко вивільнюється	Суцільна, недостатньо пластична, злегка щільна або соковита, структурована
2	Поверхня, матова, нерівна, з незначною аерацією	Натуральний, інтенсивний, притаманний пастам з відповідною назвою	Невиражений, дуже швидко вивільнюється	Невиражений, з лужним присмаком, дуже швидко вивільнюється	Непластична, ламка, або липка, текуча, слабо структурована
1	Поверхня нерівна, матова або дірчаста з краплями жиру	Натуральний, неоднорідний	Різкий, не натуральний запах ароматизатора	Зі смаком основних рецептурних інгредієнтів, з вираженим лужним присмаком	Ламка, або клейка, текуча, не структурована

Зважаючи на те, що розроблена паста закубочна на основі сиру кисломолочного нежирного є новим продуктом на сучасному ринку харчових продуктів та враховуючи граничні відхилення у функціонуванні підсистем А, Б, В, Д (рис. 4.1) для забезпечення отримання продукту з однаковим рівнем якості, за допомогою експертів на основі шкали сенсорної оцінки та з урахуванням коефіцієнтів вагомості нами було проведено сенсорний аналіз [38...41] загальної органолептичної оцінки паст закубочних (табл.3.14).

В ході сенсорних досліджень свіжовиготовленої паст закубочних на основі сиру кисломолочного нежирного встановлено, що у формуванні органолептичних показників даної продукції найбільш визначальними є однорідність та глянцеvidність поверхні, однорідність та натуральність кольору, пастоподібність, суцільність та пластичність текстури, чистота, натуральність, вираженість та швидкість вивільнення запаху і смаку, а також збалансованість смаку.

На профілях органолептичної оцінки у вигляді фіксованої площі, візуально підкреслено значимість кожного показника у межах конкретної характеристики (рис. 3.10).

Таблиця 3.14 Результати сенсорної оцінки паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного

Найменування	№ дескриптора	Характеристика	Оцінка, бал	
			свіжо-виготовлена	після 35 днів зберігання
1	2	3	4	5
Зовнішній вид	1	Однорідність	5,0	5,0
	2	Неоднорідність	0,9	0,9
	3	Аерованість	1,5	0,5
	4	Глянець на поверхні	4,0	4,0
	5	Краплі жиру на поверхні	0	0
Колір	1	Однорідний	4,0	4,0
	2	Натуральний	4,5	4,0
	3	Інтенсивний	1,0	0,8
	4	Виражений	3,5	3,0
	5	Неоднорідний	1,5	1,5
1	2	3	4	5
Запах	1	Чистий	5,0	5,0
	2	Натуральний	5,0	5,0
	3	Виражений	4,5	4,0
	4	Різкий	0,5	0,5
	5	Швидкість вивільнення	4,0	3,5
Смак	1	Чистий	5,0	5,0
	2	Натуральний	5,0	4,5
	3	Виражений	4,5	4,0
	4	Збалансований	5,0	4,5
	5	Швидкість вивільнення	4,0	3,5
Текстура	1	Пластична	4,5	4,0
	2	Пастоподібна	5,0	5,0
	3	Суцільна	3,0	4,0
	4	Липка	0,8	0,8
	5	Соковита	2,0	1,5
	6	Клейка	0,5	0,5
	7	Ламка	0,5	0,8

Паста закусочна на основі сиру кисломолочного нежирного із заміною молочного жиру на рослинну рафіновану дезодоровану олію є новим харчовим продуктом в існуючому асортиментному переліку традиційних пастоподібних продуктів і може бути використана у загальному раціоні як уособлено, так і в складі кулінарної продукції [43, 44].

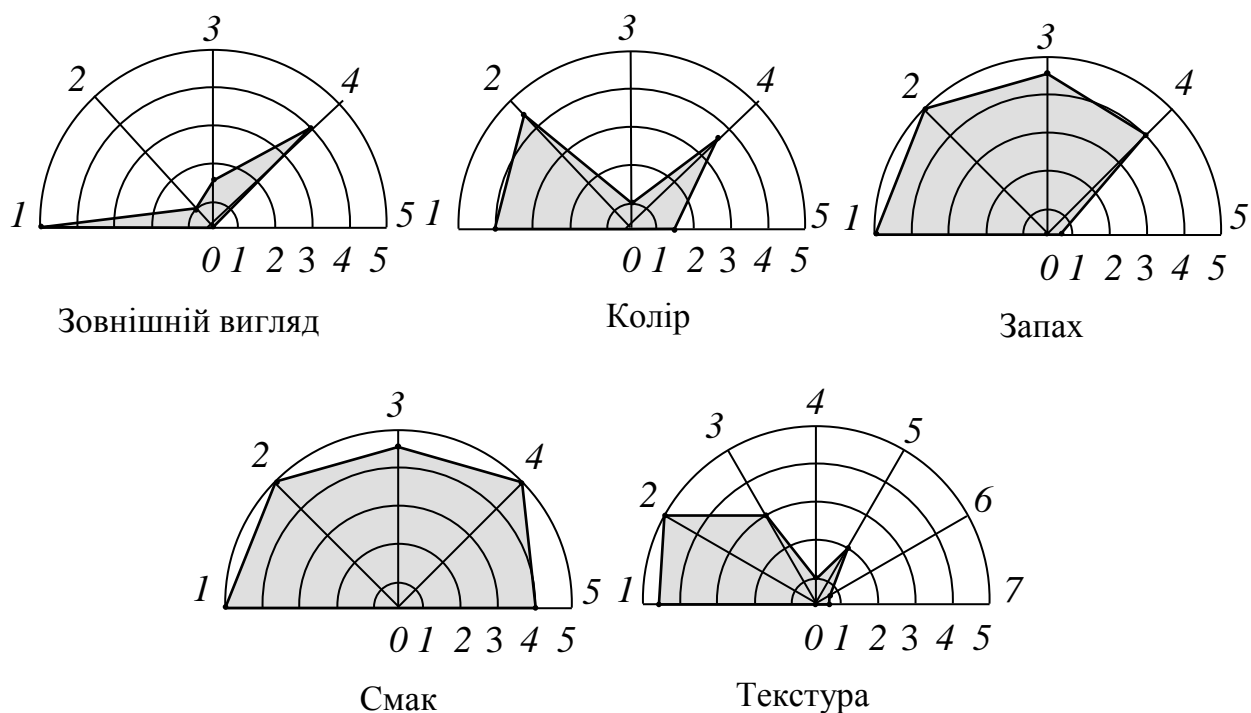


Рис. 3.10. Профілі органолептичної оцінки свіжо виготовленої паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного

Дослідження органолептичних показників паст закусочних у процесі зберігання за температури $+2...6\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 28 діб у споживчій тарі - баночках з полімерних матеріалів, закритих кришками (рис. 3.11) показали, що спостерігаються незначні зміни текстури, зменшення інтенсивності та збільшення швидкості вивільнення запаху і смаку.

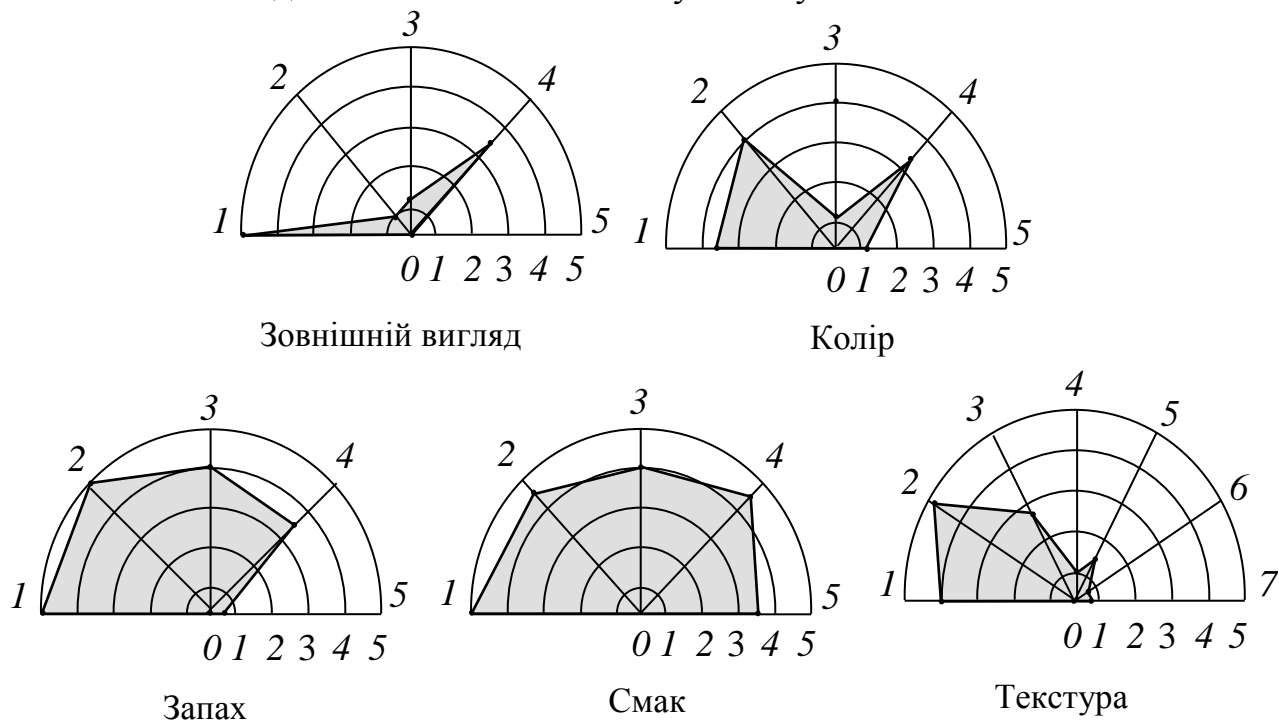


Рис.3.11. Профілі органолептичної оцінки паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного після зберігання 28 діб

Для перевірки адекватності впливу оптимальних концентрацій основних рецептурних компонентів [45...47] та співвідношення вода/СЗМЗ на кількісну залежність та форму зв'язку коефіцієнта якості від технологічних чинників для визначення комплексного показника якості (рис. 3.12) проводили експертну оцінку зразків паст закусочних з вмістом сиру кисломолочного нежирного в межах 20...50 % олії –20...35 %, агару – 1,1...1,5 % і з співвідношенням вода/СЗМЗ в межах 0,8...2,4 та досліджували кінетику K_n від вмісту сиру кисломолочного, олії та агару в рамках двопараметричної моделі (K_n –технологічні параметри).

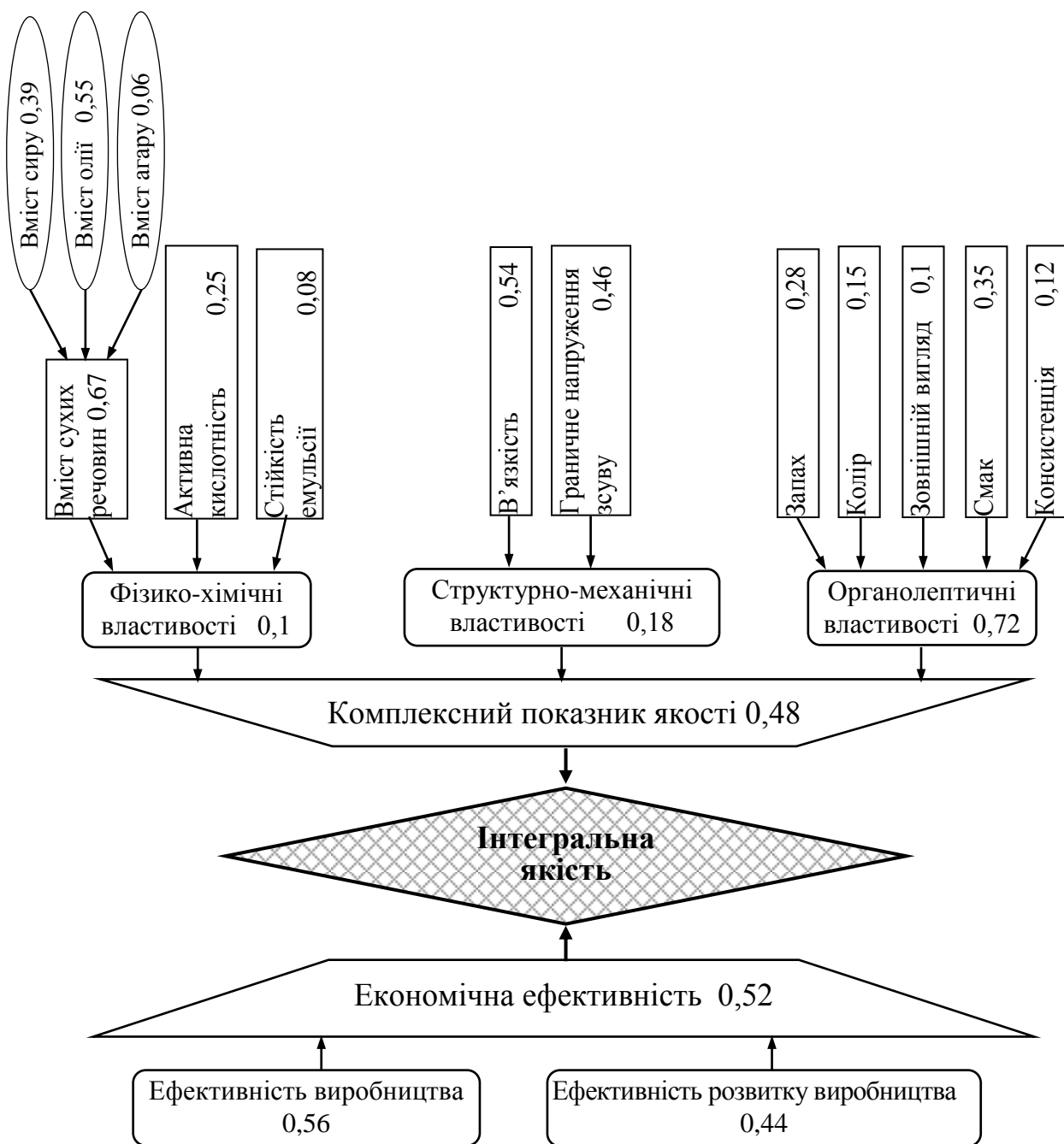


Рис. 3.12. Формування інтегрального показника якості паст закусочних

Вплив технологічних чинників на якість паст закусочних оцінювали шляхом моделювання комплексного коефіцієнта якості готового продукту (K_p), що було отримано експертним шляхом, при чому враховувалась узгодженість експертів. Коефіцієнт конкордації (кендела) обирався не менш ніж 0,95. В разі слабкої узгодженості експертної оцінки кількість експертів збільшувалась [48, 49]. Ми вважаємо, що K_p має один локальний екстремум в межах зміни технологічних чинників (сир кисломолочний нежирний, олія, агар).

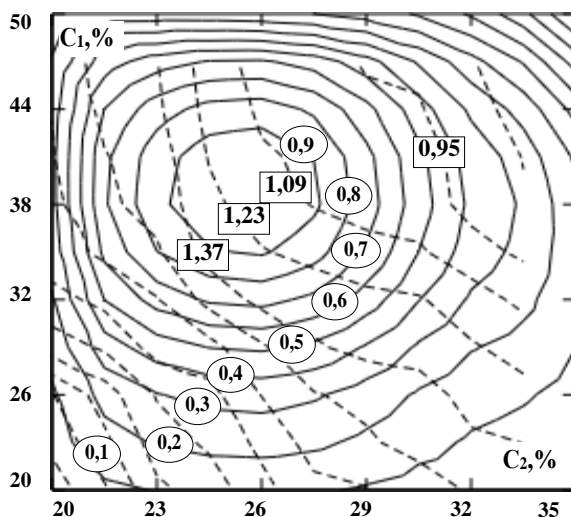


Рис. 3.13. Суміщення ліній рівних значень відносного коефіцієнта якості K_p за оптимального вмісту: сиру кисломолочного нежирного (C_1), олії (C_2) та співвідношення вода/СЗМЗ

Моделюванням [49, 50, 51] встановлено, що залежність $K_p(x)$ в рецептурі паст закусочних від вмісту: сиру кисломолочного нежирного має характер дробово-раціональної функції (рівняння 3.1); олії – логарифмічного відношення поліномів четвертого ступеня (рівняння 3.2); агару – квадрату ступеневого полінома (рівняння 4.3):

$$K_p(x) = \left(\frac{-0,0030 + 0,0067 \cdot x - 0,0001 \cdot x^2}{1 - 0,063 \cdot x + 0,001 \cdot x^2 - 1,216 \cdot 10^{-5} \cdot x^3} \right)^2 \quad (3.1)$$

Для визначення оптимальних значень співвідношення вода/СЗМЗ – одного з головних чинників формування структури паст закусочних та впливу на нього вмісту сиру кисломолочного нежирного розраховували K_p та будували його залежність від вмісту сиру кисломолочного нежирного, олії, агару в рамках двопараметричних моделей та співвідношення вода/СЗМЗ (рис. 3.13, 3.14).

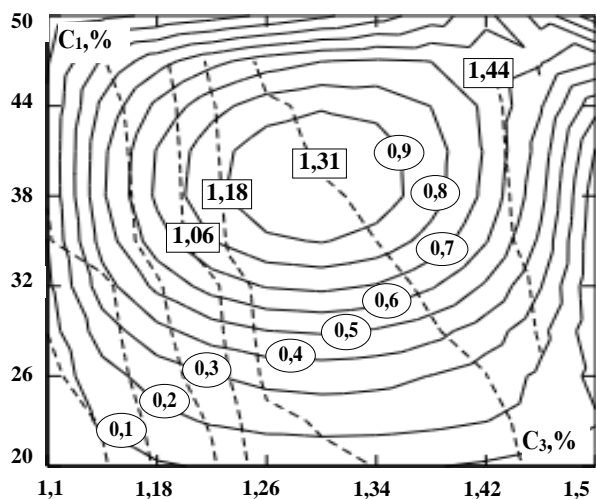


Рис. 3.14. Суміщення ліній рівних значень відносного коефіцієнта якості $K_{п}$ за оптимального вмісту: сиру кисломолочного нежирного (C_1), агару (C_3) та співвідношення вода/СЗМЗ

Встановлено, що відносний коефіцієнт якості має максимальне значення за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40 %, при цьому співвідношення вода/СЗМЗ (рис. 3.13) складає 1,35, що узгоджується з результатами моделювання комплексного показника якості паст закусочних.

Зміни коефіцієнту якості в від вмісту олії в пасті закусочній визначали за рівнянням 3.2.

Встановлено, що $K_{п}$ має максимальне значення за вмісту олії 25 %, при цьому співвідношення вода/СЗМЗ складає 1,26 (рис. 3.13). Отриманий результат узгоджується з даними експертної оцінки щодо впливу олії на якість паст закусочних.

$$K_{п}(x) = \frac{0,092 + 0,039 \cdot \ln x - 0,075 \cdot \ln^2 x + 0,024 \cdot \ln^3 x - 0,002 \ln^4 x}{1 - 0,324 \cdot \ln x - 0,281 \cdot \ln^2 x + 0,148 \cdot \ln^3 x - 0,018 \cdot \ln^4 x} \quad (3.2)$$

Кінетику коефіцієнта якості паст закусочних від вмісту агару визначали за рівнянням:

$$K_{п}(x) = \sqrt{936,3 - 2974,8 \cdot x + 3505,7 \cdot x^2 - 1815,7 \cdot x^3 + 348,8 \cdot x^4} \quad (3.3)$$

Встановлено, що $K_{п}$ має максимальне значення за вмісту агару 1,3%, при цьому співвідношення вода/СЗМЗ складає 1,29 (рис.3.14). Отриманий результат узгоджується з даними експертної оцінки щодо впливу агару на якісні характеристики паст закусочних.

Для дослідження залежності двовимірного коефіцієнта якості паст закусочних від вмісту основних інгредієнтів (рис.3.15, 3.16) був реалізований наступний алгоритм [49, 50, 51]:

- можливі значення вмісту сиру кисломолочного знежиреного та олії було розбито на 10 інтервалів;

- зразки паст закусочних виготовлялись для кожної можливої пари значень параметрів (100 зразків);

- експертиза оцінки кожного зразка проводилась із заданим коефіцієнтом узгодженості $\geq 0,95$;

- за масштабну одиницю було взято найбільше значення із отриманих коефіцієнтів якості;

- на основі отриманих експериментальних даних за допомогою стандартних методів багатовимірного статистичного аналізу були побудовані просторові гістограми залежності відносних значень K_n (рис.3.15, 3.16) від концентрації основних рецептурних компонентів.

Аналіз гістограм показав, що коефіцієнт якості паст закусочних в рамках парних моделей: сир-олія та сир-агар максимальних значень набуває за вмісту сиру кисломолочного нежирного 40 %, олії рафінованої дезодорованої 25 %, агару 1,3 %.

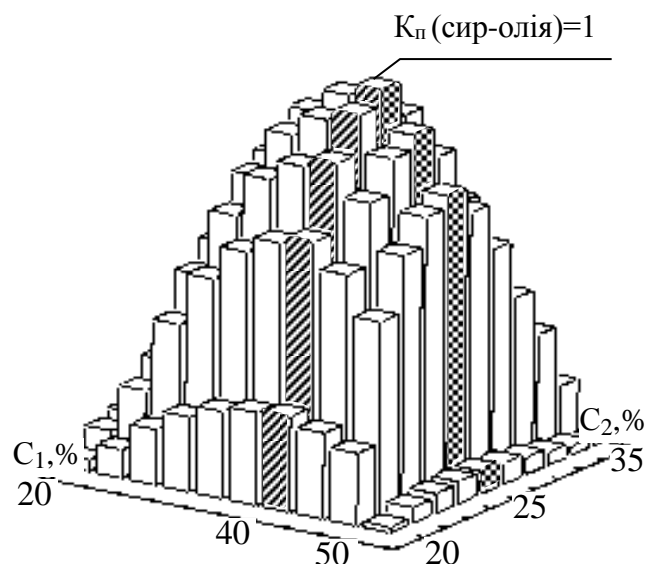


Рис. 3.15. Гістограма відносних значень коефіцієнта якості паст закусочної K_n в площині сир(C_1) – олія (C_2)

Для перевірки адекватності впливу вмісту основних інгредієнтів паст закусочних на відносний коефіцієнт якості моделювали його розподіл від оптимальних значень концентрацій інгредієнтів в парних моделях: сир кисломолочний нежирний – олія (рис.3.17) та сир кисломолочний нежирний – агар (рис.3.18).

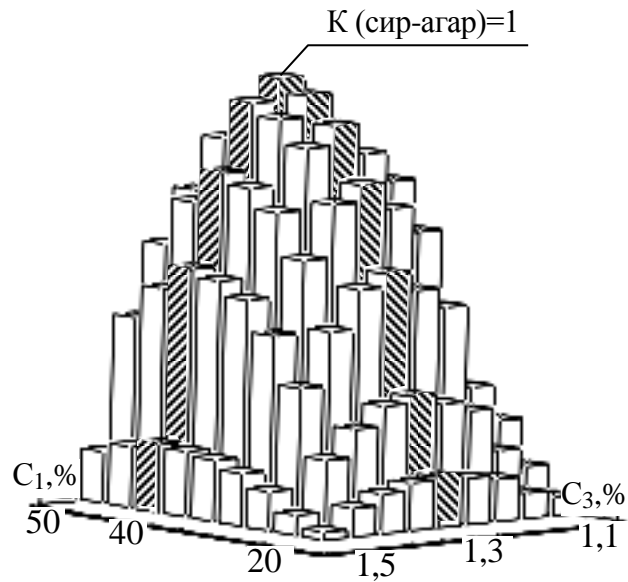


Рис. 3.16. Гістограма відносних значень коефіцієнта якості пасти закусочної K_n в площині сир (C_1) – агар(C_3)

Встановлено, що K_n має максимальне значення (рис.3.17) за вмісту сиру в межах 39...41 % та вмісту олії в межах 25...26 %.

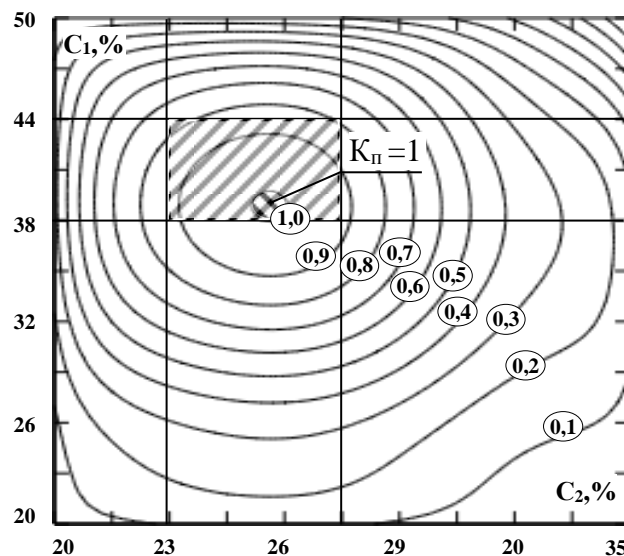


Рис. 3.17. Залежність розподілу відносного коефіцієнта якості K_n пасти закусочної від оптимального вмісту: сиру кисломолочного нежирного(C_1), олії(C_2)

Відносний коефіцієнт якості в досліджуваному діапазоні концентрацій основних компонентів паст закусочних розподіляється наступним чином. В межах вмісту сиру кисломолочного –38...44 % значення K_n знаходиться в діапазоні 1...0,85, в межах вмісту олії – 24,5...27,5 % в діапазоні 0,92...0,97, що узгоджується з експертними даними.

Аналіз моделі сир кисломолочний нежирний–агар (рис.3.18) показав, що K_n має максимальне значення за вмісту сиру в межах 39...41% та вмісту агару в межах 1,28...1,32. В досліджуваному діапазоні концентрацій основних компонентів паст закусочних відносний коефіцієнт якості розподіляється наступним чином. В межах вмісту сиру

кисломолочного –38...44 % значення K_n знаходиться в діапазоні 1...0,88, в межах вмісту агару – 1,22...1,34 % – в діапазоні 0,88...0,95, що узгоджується з експертними даними.

Для перевірки адекватності сумісного впливу температури теплової обробки та вмісту основних рецептурних інгредієнтів: сиру кисломолочного нежирного, олії та агару на відносний коефіцієнт якості паст закусочних моделювали його розподіл від оптимізованих значень технологічних чинників та температури теплової обробки (рис.3.19, 3.20).

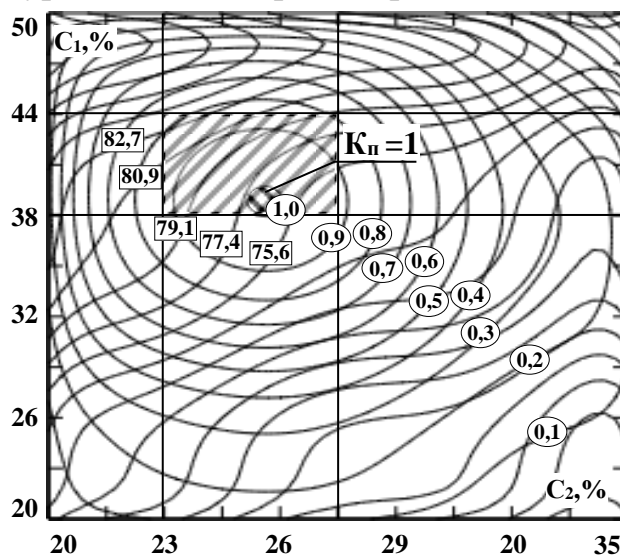


Рис. 3.19. Суміщення ліній рівних значень температури теплової обробки та відносного коефіцієнта якості K_n паст закусочної за оптимального вмісту сиру кисломолочного нежирного (C_1) та олії (C_2)

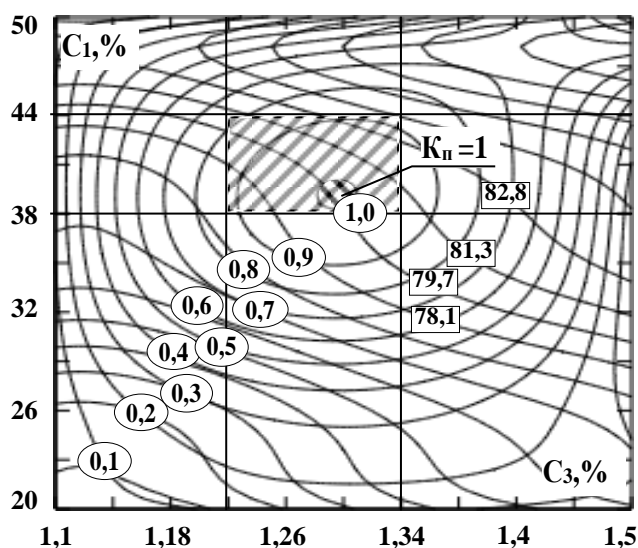


Рис. 3.20. Суміщення ліній рівних значень температури теплової обробки та відносного коефіцієнта якості K_n паст закусочної за оптимального вмісту сиру кисломолочного нежирного(C_1) та агару(C_3)

Встановлено, що за максимального значення K_n температура теплової обробки паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного в рамках парної моделі інгредієнтів складає $76,8^{\circ}\text{C}$ (рис.3.19).

За оптимального вмісту сиру кисломолочного нежирного 40 % та олії рафінованої дезодорованої 25 % температура теплової обробки паст закусочних складає $78,5^{\circ}\text{C}$.

Аналіз суміщених даних парної моделі сир кисломолочний нежирний–агар (рис. 3.20) показав, що за максимального значення K_n температура теплової обробки паст закусочних складає $80,2^{\circ}\text{C}$.

За оптимального вмісту сиру кисломолочного нежирного 40 % та агару 1,3 % температура теплової обробки паст закусочних складає $79,8^{\circ}\text{C}$.

Отже діапазон оптимальних меж вмісту основних компонентів паст закусочних забезпечує температуру теплової обробки в межах оптимальних значень $80\pm 1^{\circ}\text{C}$, що узгоджується з проведеними експериментальними дослідженнями (рис.2.26...2.31, 2.35... 2.38, 2.40...2.43).

3.5. Розробка рекомендацій з використання паст закусочних у складі кулінарної продукції закладів ресторанного господарства

Проведені дослідження харчової цінності, структурно-механічних, фізико-хімічних та якісних показників паст закусочних на основі сиру кисломолочного, є науковим підґрунтям для розробки рекомендацій з використання паст у складі кулінарної продукції [44].

За результатами комплексу експериментальних досліджень та на підставі узагальнення технологічних характеристик встановлено, що паста закусочна (ТУ У 15.5-01566330-190:2006) може використовуватися як самостійний харчовий продукт, а також під час виробництва кулінарної продукції (рис. 3.21, 3.22, 3.23).

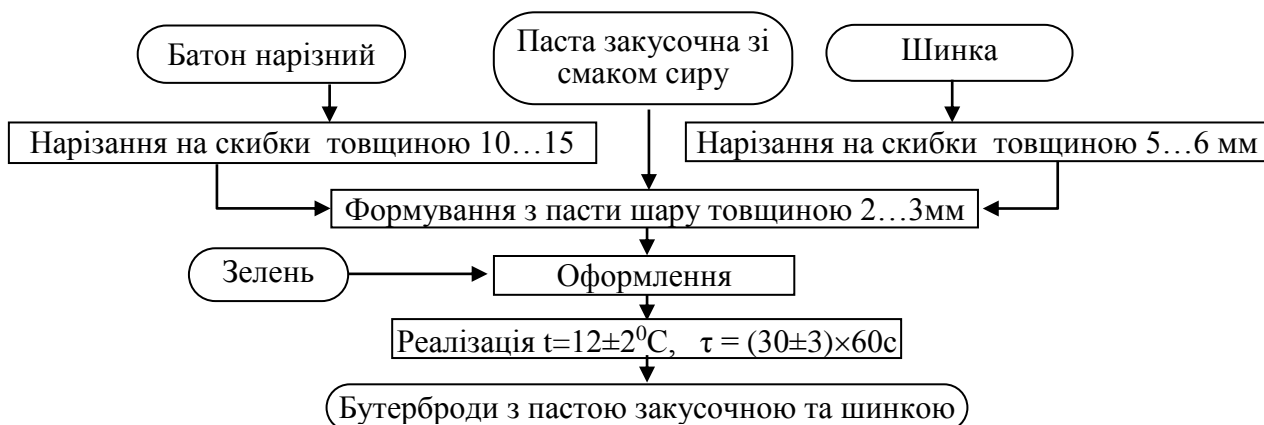


Рис. 3.21 Технологічна схема виготовлення бутербродів з шинкою

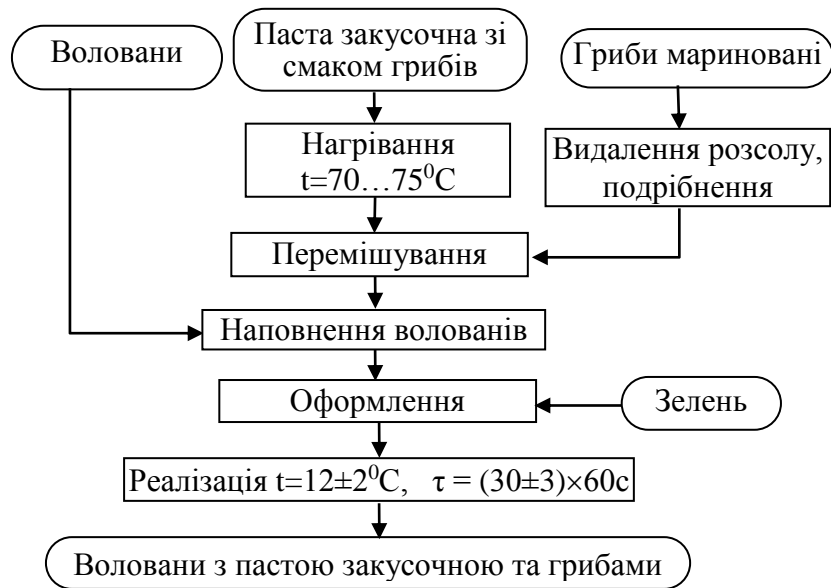


Рис. 3.22 Технологічна схема виготовлення валованів з грибами

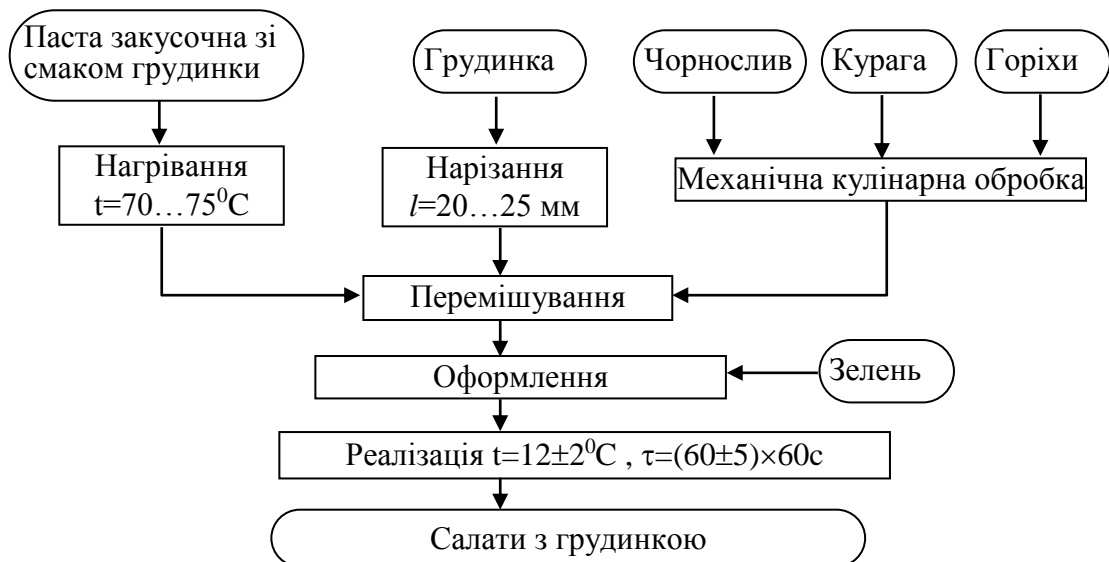


Рис. 3.23 Технологічна схема виготовлення салатів з грудинкою

Під час технологічних досліджень та випробувань розроблено рецептурний склад, технологію виробництва та асортимент холодних закусок: бутербродів (5 найменувань), валованів (5 найменувань), салатів (5 найменувань) та затверджені в установленому порядку технологічні картки [44].

Виходячи з результатів проведених експериментальних досліджень, необхідно зазначити, що використання паст закусочних у складі кулінарної продукції дозволяє запропонувати закладам масового харчування традиційну продукцію з новим асортиментом і споживчими властивостями та підвищити ефективність роботи закладів ресторанного господарства за рахунок використання продукції багатофункціонального призначення.

Література до розділу 4

1. Захарова Н. П. Плавленые сыры с комбинированной жировой фазой / Н. П. Захарова, Т. М. Коновалова, В. Г. Долгошинова // Тезисы докладов научно-практической конференции. Производство масла комбинированного: особенности выработки, ассортимент, качество. Углич: 2000. – С. 40–42.
2. Заяс Ю. А. Совершенствование технологических процессов перерабатывающей промышленности / Ю. А. Заяс, А. И. Прохоров, В. Л. Яровой. – К.: Урожай, 1991. – 142 с.
3. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / О.Н. Сафонова, Ф.В. Перцевой, А.Л. Фощан и др.; под ред. О.Н. Сафоновой. – Х.: ХГАТОП и ХГТУСХ, 2000. – 200 с.
4. Комаров В.И. Методические основы повышения эффективности производства / В.И. Комаров, С.П. Андреев // Пищевая пром-сть. – 2001. – № 7. – С. 24–25.
5. Никифорова Т. А. Цитраты – пищевые добавки XXI века / Т. А. Никифорова // Пищевые ингредиенты и добавки. – 2002. – № 2. – С. 38–39.
6. Захарова Н. П. Роль соли-плавителя в формировании качества плавленых сыров / Н. П. Захарова, Н. Ю. Соколова, В. Г. Долгошинова // Сыроделие. – 2000. – № 1. – С. 21–23.
7. Исупов В.П. Пищевые добавки и пряности. История, состав и применение / В.П. Исупов – СПб.: ГИОРД, 2000. – 176 с.
8. Браудо Е. Е. Структурообразование гелеобразующих полисахаридов в пищевых системах: дис... канд. техн. наук / Е. Е. Браудо. – М. – 1990. – 179 с.
9. Иванова Е. А. Полисахариды – компоненты новых продуктов / Е. А. Иванова // Пищевая пром-сть. – 1991. – № 1. – С. 86.
10. Бакулина О. Н. Галактоманнаны: аспекты использования / О. Н. Бакулина // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. – № 1. – 2000. – С. 20–21.
11. Стабилизаторы для сырной пасты. / И. А. Шергина, И. Н. Делицкая, О. В. Лепилкина, Е. Н. Куртова.] // Сыроделие и маслоделие. – 2004. – № 6. – С. 33 – 34.
12. Иванова Е. А. Полисахариды – компоненты новых продуктов / Е. А. Иванова // Пищевая пром-сть. – 1991. – № 1. – С. 86.
13. Денисова Е. А. Ароматизаторы в производстве плавленых сыров / Е. А. Денисова // Сыроделие маслоделие. – 2004. – № 4. – С. 17–18.
14. Нечаев А.П. Пищевые ароматизаторы / А.П. Нечаев, Е.В. Смирнов // Пищевые ингредиенты (сырье и добавки). – 2000. – № 1. – С. 8.

15. Сырные вкусоароматические добавки для плавленых сыров / [Д.С. Мягконос, Н. П. Захарова, Г.Д. Перфильев, Т. М. Коновалова] //Сыроделие и маслоделие. – № 2. – 2003. – С. 31–33.
16. Касьянов Г.И. Натуральные пищевые ароматизаторы – CO₂ – экстракторы / Г.И. Касьянов, А.В. Пехова, А.А.Таран – М.: Пищевая пром-сть, 1978. – 176 с.
17. Кулешова М. Ф. Плавленые сыры: Учеб. пособ. /М. Ф. Кулешова, В. Г. Тиняков. – М.: Пищевая пром-сть, 1973. – 174 с.
18. Влияние технологических факторов на структуру плавленого сыра / Н. П. Захарова, В. Ф. Роздова, В. Г. Долгощинова и др. //Сыроделие и маслоделие. – 2001. – № 4. – С. 29–30.
19. Структурообразование в плавленых сырах / Н. П. Захарова, О. В. Лепилкина, Т. М. Коновалова, Г. Б. Бухарина // Сыроделие и маслоделие. – № 2. – 2002. – С. 27–28.
20. Горбатов А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов: Справочник / А.В. Горбатов– М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 286 с.
21. Лепилкина О.В. Охлаждение расплавов плавленых сыров / О.В. Лепилкина, В.В. Калабушкин, Н.П. Захарова // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 3. – С. 19–21.
22. Молоко. Метод измерения рН : ГОСТ 26781-86. – [Введ. 01.01.86]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 14 с.
23. Остриков А. Н. Исследование гороха с белковой добавкой методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, В. Н. Василенко // Известия ВУЗОВ Пищевая технология. – № 2. – 2003. – С. 94–96.
24. Остриков А. Н. Исследование форм связи влаги в топинамбуре методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, И. А. Зуев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 7. – С. 33–35.
25. Дослідження процесу плавлення сирної пасти за допомогою дериватографа Q-1000 [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, А. Л. Фощан, Л. О. Чуйко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць / Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2005. – Вип. 2. – С. 35–41.
26. Пилюян Г.О. Введение в теорию термического анализа. / Г.О. Пилюян – М.: Наука, 1964. – 284 с.

27. Лапустьяников Л. Пищевая ценность плавленого сыра / Л. Лапустьяников // Сыроделие. – № 3. – 1999. – С. 24–25.

28. Черников М.П. Скорость гидролиза α_s , β и χ -казеина трипсином и химотрипсином и влияние денатурирующих факторов на ферментативный гидролиз χ -казеина / М.П. Черников, Е. Я. Стан // Биохимия, 1970. Т. 35, № 3. С. 463–469.

29. Дьяченко П. Ф. Атакуемость фракций казеина протеолитическими ферментами /П.Ф. Дьяченко, Е.А. Жданова // Приклад, биохим. и микробиол. – 1965, Т. 1. С. 49–51.

30. Черников М.П. Протеолиз и биологическая ценность белков / М.П. Черников – М.: Медицина, 1975. – 231 с.

31. Дослідження харчової та біологічної цінності паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, В. О. Коваленко, Л. О. Чернова, Л. Р. Димитрієвич // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2005. – Вип. 9-10 : Тваринництво. – С. 124–129.

32. Чагаровский А. П. Новые виды плавленых сыров повышенной биологической ценности /А. П. Чагаровский, И. А. Гришин и др. // Тезисы докладов второй Всесоюзной конференции «Проблемы индустриализации общественного питания страны». – Х.: 1989. – С. 227–278.

33. Найденова Е. Г. Технология полуфабрикатов на основе нежирного молочного сырья: дис... канд. техн. наук / Найденова Е. Г. Х., 1996. – 382 с.

34. Рудакова Т. В. Розроблення технології комбінованих продуктів тривалого строку зберігання на основі сиру кисломолочного: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів / Т. В. Рудакова. – К., 2006. – 19 с.

35. Гринченко О. А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции на основе полуфабрикатов функциональных композиций: дис... д-ра. техн. наук / О. А. Гринченко.– Харьков, 2005. – 386 с.

36. Бовкун А. О. Дослідження фізико-хімічних процесів технологічної обробки і розробка технології пастоподібних плавлених сирів з використанням кисломолочного сиру: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.04 - технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів / А. О. Бовкун. – К., 2004. – 20 с.

37. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов /Утв. Минздравом СССР 1 августа 1989 г. №5061– М.: Изд-во стандартов. – 1990.

38. ISO 6658:1985. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство // www.ars_russia.com.

39. ISO 11036:1994. Сенсорный анализ. Методология. Метод профиля текстуры // www.ars_russia.com.
40. ISO 11035:1994. Сенсорный анализ. Идентификация и выбор дескрипторов для установления сенсорного профиля при многостороннем подходе // www.ars_russia.com.
41. Седюкин В.К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции / В.К. Седюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев – М.: ИИД Филинь, Рилант, 2000. – 328 с.
42. Ильяшенко Т. И. Факторы, влияющие на качество плавленых сыров / Т. И. Ильяшенко, Н. Л. Звягинцева // Молочна пром-сть. – 2006. – № 3(28). – С. 28–31.
43. Токаев Э. С. Производство продуктов повышенной пищевой ценности с использованием эмульсий: Обзорная информация. / Э. С. Токаев, И. А. Рогов – М.: АгроЦНИИТЭИММП, 1988. – 32 с.
44. Касилова Л.А. Изучение методики отработки рецептур на кулинарную продукцию: Методические указания к лабораторным работам / Л.А. Касилова, Л.Н. Крайнюк – Х.: ХГАТОП, 1997. – 16 с.
45. Гурський П. В. Технологія паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Гурський Петро Васильович. – Харків, 2009. – 353 с.
46. Буянова И. В. Качество сырья для сырных паст / И. В. Буянова, Е. С. Красавина // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 6. – С. 73–74.
47. Лапустяников Л. Влияние рецептурных компонентов на качество плавленого сыра / Л. Лапустяников // Сыроделие. – 2000. – № 4. – С. 18–21.
48. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания: Метод. указания / А. С. Ратушный, В. Г. Топольник. – М.: Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.
49. Дьяконов В.П. Компьютерная математика. Теория и практика. / В.П. Дьяконов. – М.: Нолидж. 2001.– 1296 с.
50. Полевич В.В. Моделювання технологічних процесів і розробка прогресивного обладнання для переробки харчової сировини: Дис... д-ра. техн.наук. – Харків, 2002. – 271 с.
51. Гурський П. В. Моделювання впливу основних компонентів пасти закусочної на розподіл відносного коефіцієнту якості / П. В. Гурський, В. В. Полевич, Ф. В. Перцевий // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць / Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2007. – Вип. 2 (6). – С. 14–18.

Науково-практичне видання

Перцевий Федір Всеволодович
Гурський Петро Васильович
Мельничук Сергій Дмитрович
Гарнцарек Барбара
Бідюк Дмитро Олегович
Перцевий Микола Федорович
Обозна Маргарита Василівна

***ТЕХНОЛОГІЯ ПАСТ ЗАКУСОЧНИХ
НА ОСНОВІ СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО НЕЖИРНОГО***

Монографія

Наукове редагування: *Слобдянюк Н.М.*

Підп. до друку 27.11.12 р. Формат 60x84/16

Умов. друк. арк. 11. Обл.-вид. арк. 7,4.

Наклад 150 прим. Замовлення № 205

Віддруковано в видавництві ТОВ «Аграр Медіа Груп»

04080, Київ, вул. Новокостянтинівська, 4А

Тел.: 044 361 53 06, e-mail: info@agrarmedia.com

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
До Державного реєстру видавців ДК №3651 від 22.12.2009

www. agrarmedia.com