

БОВКУН АЛЛА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 637.356.358

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЛАВЛЕННЯ  
І РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПАСТОПОДІБНИХ ПЛАВЛЕНИХ СИРІВ  
З ВИКОРИСТАННЯМ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ

05.18.04 – технологія м'ясних, молочних  
та рибних продуктів

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

КИЇВ – 2004

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Технологічному інституті молока та м'яса Української академії аграрних наук, м. Київ

**Науковий керівник** – доктор технічних наук, професор, член-корр.

Української академії аграрних наук **Гуляєв- Зайцев  
Сергій Сергійович**, Технологічний інститут  
молока та м'яса

**Офіційні опоненти** – доктор сільсько-господарських наук , професор

**Рудавська Ганна Богданівна**

Київський національний торговельно – економічний  
університет, кафедра товарознавства та експертизи  
продовольчих товарів

кандидат технічних наук, доцент

**Поліщук Галина Євгеніївна**

Національний університет харчових технологій,  
завідувач кафедри технології молока та молочних  
продуктів

**Провідна установа** - Одеська національна академія харчових технологій  
Міністерства освіти і науки України.

Захист дисертації відбудеться “\_\_\_”\_\_\_\_\_ 2004 року о\_\_\_ годині

На засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03 Національного університе-  
ту харчових технологій за адресою: 01033 м. Київ-33, вул. Володимирська, 68,  
корпус А аудиторія 311

Автореферат розісланий “\_\_\_”\_\_\_\_\_ 2004 року

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради, к.т.н.

В.М. Поводзинський



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Основними сировинними компонентами при виробництві плавлених сирів є тверді сичугові сири і спеціальні сири для плавлення. Перспективним напрямком є розробка нових рецептур і технологій виробництва пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру різної жирності. Заміна в рецептурах твердих сичугових і спеціальних сирів на дешеву сирну сировину, а також використання рослинних жирів, істотно підвищує рентабельність виробництва.

Це дозволить розширити асортимент пастоподібних плавлених сирів, залучити нові сировинні ресурси, збільшити обсяги виробництва.

Зниження концентрацій солей-плавителів і комплексне застосування їх зі структуроутворюючими добавками, поряд з економічним ефектом, забезпечує високу якість пастоподібних плавлених сирів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалася у відділах Технологічного інституту молока і м'яса УААН у рамках науково – технічної програми Української академії аграрних наук « Переробка молока і м'яса » на 1996-2001 р.р. з теми « Розробити технологію пастоподібних плавлених сирів з використанням роторно-вихрового емульгатора » (2000 - 2002 р.р., державний реєстраційний номер 07.00).

**Мета досліджень** полягає в науковому обґрунтуванні та створенні технології виробництва пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру. Для здійснення поставленої мети вирішують наступні завдання :

- провести вибір і обґрунтування солі-плавителя, структуроутворюючої добавки, їх концентрацій і способів внесення в сирну масу;
- дослідити процеси плавлення білка й емульгування жиру;
- вивчити реологічні властивості, мікроструктуру і терміни придатності до споживання пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру;
- розробити рецептури і технологію виробництва пастоподібних плавлених сирів;
- затвердити нормативну документацію;
- впровадити розроблену технологію у виробництво.

**Об'єктом досліджень** був процес плавлення білкової фази й емульгування жиру в умовах нагрівання та інтенсивної механічної обробки.

**Предметами досліджень** були: молочна сировина (сири тверді сичугові, сир кисломолочний, вершки, масло селянське, сухе молоко), солі-плавителі, структуроутворювач, проміжний і готовий продукти, отримані на основі твердого сиру і на основі кисломолочного сиру.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

- Вперше отримано фізико-хімічні показники процесу плавлення сирної маси з заміною твердих і спеціальних сирів на кисломолочний сир;

- показано, що ступінь декальцінування плавлених сирів на основі кисломолочного сиру на рівні 75-85% і ступінь пептизації на рівні 50-57% забезпечують одержання пастоподібних плавлених сирів високої якості;

- встановлено внесок модифікованого крохмалю – структуроутворювача у декальцінуванні та пептизації, що дозволило знизити в рецептурах пастоподібних плавлених сирів концентрацію солі-плавителя на 20%, визначено оптимальні кількісні співвідношення сіль-плавитель – модифікований крохмаль (1,2-1,0 : 1,5-0,5), що забезпечують необхідне завершення процесу плавлення (пептизація білку 50-57%) і високу якість сиру;

- встановлені базові співвідношення Волога / Сухий знежирений молочний залишок (СЗМЗ) = 3,1 - 4,0 і Жир / СЗМЗ = 0,7 - 1,56 для пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру, що забезпечують необхідні для розрахунку рецептур оптимальні реологічні показники;

- вперше отримано дані про мікроструктуру плавленого сиру на основі кисломолочного сиру, його реологічних властивостей показано зміну дисперсних характеристик білкової та жирової фаз у процесі плавлення.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі експериментальних даних розроблено технологію виробництва “Сиру плавленого пастоподібного” ТУ У 46.39 ГО 305 – 2000. Розроблена технологія пройшла апробацію на збудованій дослідній установці роторно-вихровому емульгаторі, яка забезпечує зниження енергетичних витрат порівнянно з традиційними способами оброблення у 1,5 рази та високий ступінь емульгування жирової фази (розмір жирових крапель 3 мкм). Технологія перевірена в промислових умовах Чернігівського МЗ, Лубенського МЗ та Дніпрорудненського СК. Розроблена технологія дозволить отримати економічний ефект 300 грн на тонні готового продукту. Результати досліджень підтверджені Деклараційним патентом на винахід 48881 А від 15.08.2002 “Спосіб виробництва плавленого сиру”.

**Особистий внесок дисертанта** полягає у проведенні експериментальних досліджень, обробці й узагальненні отриманих результатів та розробці технологічних режимів виробництва пастоподібних плавлених сирів. За участю дисертанта розроблено нормативно-технічну документацію, підготовлено до публікації статті, а також оформлено патент на винахід. Автор проводила апробацію і впровадження розробленої технології.

Аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено спільно з науковим керівником д.т.н., проф.. С.С. Гуляєвим-Зайцевим. Дослідження мікробіологічних показників проведено спільно з зав. лаб. біотехнології д.т.н. Н.Ф. Кігель, електронно-мікроскопічні і реологічні дослідження проведені у лабораторіях ВНДІМС м. Углич під керівництвом д.т.н. Н.П. Захарової. Дослідження форм

вологи у плавленому сирі проведено у Інституті Колоїдної хімії і хімії води. Аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено спільно з к.х.н. Атаманенко І.Д..

Особистий внесок здобувача підтверджується поданими документами і науковими працями.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертації були представлені на VII-ій Міжнародній науково – технічній конференції «Пріоритетні напрямки впровадження в харчову промисловість сучасних технологій, устаткування і нових видів продуктів оздоровчого і спеціального призначення» (Київ, УДУХТ, 2001 р.), 67-ій науковій конференції студентів, аспірантів і молодих учених (Київ, УДУХТ, 2001 р.), 69 -ій науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів (Київ, НУХТ, 2003 р.), засіданнях Вченої ради Технологічного інституту молока і м'яса УААН, Київ, за підсумками роботи щорічно за 1999-2001р.р.

**Публікації.** По темі дисертації опубліковано десять наукових праць, із них шість статей у фахових виданнях, тези в матеріалах двох наукових конференцій, стаття в інформаційному збірнику ТІММ, отримано патент на винахід.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків і додатків. Основний зміст роботи викладений на 122 сторінках машинописного тексту, містить 27 таблиць, 21 рисунок, 15 сторінок - список використаних літературних джерел з 139 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність роботи, наукову новизну і практичну цінність. Визначено мету і задачі досліджень

**У першому розділі** “Огляд літератури” подано аналітичний огляд публікацій, стосовно питань теорії і практики виробництва плавлених сирів. У ньому наведено коротку історію розвитку виробництва плавлених сирів за кордоном і в Україні; стан галузі, асортиментний склад різних видових груп плавлених сирів, перспективи виробництва пастоподібних плавлених сирів; характеристику сировини; що використовується для виробництва плавлених сирів, подано відомості про солі-плавители, їх властивості, розглянуто механізм їх дії в процесі плавлення білкової сировини; визначено солі-плавители, що застосовуються для вироблення пастоподібних плавлених сирів, їх оптимальні концентрації і спосіб внесення в сирну масу, наведено аналіз літературних даних відносно структуроутворювачів полісахаридної природи, розглядаються літературні дані щодо використання нетрадиційної сировини рослинного походження, що дозволяє розширити асортиментний склад плавлених сирів, збалансувати їх склад за незамінними амінокис-

лотами та жирними кислотами, знизити собівартість продукції й підвищити конкурентоспроможність.

У другому розділі “Методи дослідження” подано схему проведення експерименту, характеристику об’єкту досліджень і сучасні апаратурні методи досліджень.

Експериментальні дослідження виконувалися у відділі маслоробства Технологічного інститута молока та м’яса на лабораторній установці – роторно-вихровому емульгаторі Я5-ОЄВ.

Органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники плавленого сиру визначали за стандартними методами. Дослідження форм зв’язку вологи виконано методом диференційно сканованої колориметрії, дисперсність жирових кульок методом мікроскопічного аналізу, мікроструктурний аналіз білкової та жирової фаз проводили на електронному мікроскопі; ступінь затвердіння жирів методом об’ємної дилатометрії; реологічні показники за допомогою реогоніометра Вайсенберга.

Повторність дослідів була триразовою. Математичну обробку експериментальних даних проводили методом множинної кореляції економічної моделі за функцією Кобба-Дугласа, вірогідність моделі визначали за критерієм Фішера з використанням персонального комп’ютера.

У третьому розділі “Експериментальна частина” викладено й обговорено результати експериментальних досліджень.

Вибір солі-плавителя та її оптимальної концентрації. Специфічний склад сировини зумовив необхідність підбору солі-плавителя і структуроутворюючої добавки, а також визначення їх оптимальних концентрацій.

Дослідні партії плавленого сиру 50 % жирності у сухій речовині було вироблено за рецептурою, яка складається із сиру 5% жирності, вершків 35% жирності, масла селянського жирністю 72,5% і сухого знежиреного молока. Використовували такі солі-плавители: динатрійфосфат, триполіфосфат натрію, фосфатну добавку «Фонакон», суміш динатрійфосфату і лимонно-кислого натрію. Сіль-плавитель вводили у 20 % розчині на стадії дозрівання сирної маси.

За органолептичними і фізико-хімічними показниками: ступеня декальцінування (відношення розчинного кальцію до загального) і ступеня пептизації (відношення розчинного азоту до загального), кращими були плавлені сири з триполіфосфатом натрію. Оптимальну концентрацію триполіфосфату натрію для плавлення сирної сировини визначали від 0,5 до 2,5 % у перерахуванні на безводну сіль. Результати органолептичних і фізико-хімічних показників представлено в табл.1 і 2.

Таблиця 1

## Органолептичні показники плавленого сиру

| Концентрація триполіфосфату натрію, % | Характеристика смаку і запаху  | Характеристика консистенції                                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 0,5                                   | Кислий смак сиру               | Дуже борошниста, крихка, не- зв'язна, наявність часток білка, що не розплавилася |
| 1,0                                   | Злегка кислуватий смак         | М'яка, порівняно однорідна, наявність часток білка, що не розплавилася           |
| 1,5                                   | Чистий, злегка кислуватий смак | М'яка, пластична, однорідна по всій масі, легко намазується                      |
| 2,0                                   | Легка гіркота                  | Дуже м'яка                                                                       |
| 2,5                                   | Значна гіркота, лужний присмак | Дуже м'яка, текуча                                                               |

Таблиця 2

## Фізико-хімічні показники плавленого сиру

| Концентрація триполіфосфату натрію, % | Активна кислотність, рН | Ступінь пептизації, % | Ступінь декальцінування, % |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 0,5                                   | 5,0                     | 14,3                  | 29,3                       |
| 1,0                                   | 5,1                     | 21,8                  | 41,0                       |
| 1,5                                   | 5,2                     | 48,1                  | 76,3                       |
| 2,0                                   | 5,35                    | 57,3                  | 86,0                       |
| 2,5                                   | 5,5                     | 62,0                  | 89,0                       |

Дослідження показали, що кращий зразок готового продукту за органолептичними і фізико-хімічними показниками отримано у разі використання триполіфосфата натрію в кількості 1,5 % до маси сировини. Ця доза триполіфосфата забезпечує нормальний процес плавлення білкової маси сиру і переходу його з гелю у золь, що підтверджується показниками ступеня декальцінування і пептизації на рівні високоякісних плавлених сирів. Підвищені дози триполіфосфата натрію призводять до появи текучої консистенції й утворення лужного присмаку.

Підбір структуроутворювача, дози та способу внесення його в сирну масу.  
У багатьох харчових продуктах як структуроутворюючі добавки застосовуються крохмалі; використання їх у пастоподібних плавлених сирах також виправдане, тому що ці продукти містять доволі значну кількість вологи (60-65%). У наших дослідженнях в якості структуроутворювача обрано модифікований крохмаль (МК).

Завданням досліджень було встановити ступінь впливу МК у сполученні з триполіфосфатом натрію на процес розпаду білкової маси під час плавлення сирної маси за показниками ступеня декальцінування та пептизації, а також визначити їх оптимальне співвідношення.



Використовували для плавлення сиру концентрацію триполіфосфата натрію від 0,5 до 2,5%, а концентрацію модифікованого крохмалю 1%. При цьому рецептура, способи введення солі-плавителя в масу сировини і оцінка готового продукту були аналогічними висвітленим вище дослідом. МК вносили в сирну масу в сухому вигляді безпосередньо під час її плавлення.

Аналіз результатів досліджень показав, що концентрації солі-плавителя 0,5-1,0 % і 1% МК не забезпечують процес плавлення сиру, що підтверджується показниками рівнів декальцінування і пептизації (табл.3). Готовий продукт мав присмак кисломолочного сиру, незв'язну консистенцію, у той час як за підвищених концентраціях 2,0 і 2,5% спостерігали глибоке руйнування міцели казеїну, що обумовило утворення клейкої консистенції продукту з наявністю гіркоти та лужного присмаку. Кращі органолептичні показники відзначено в сирах з використанням триполіфосфата натрію в кількості 1,5% і МК 1%.

Таблиця 3

Показники ступеня плавлення білкової сировини

| Концентрація модифікованого крохмалю, % | Концентрація триполіфосфату натрію, % | Активна кислотність, рН | Ступінь пептизації, % | Ступінь декальцінування, % |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1,0                                     | 0,5                                   | 5,4                     | 18,4                  | 34,0                       |
| 1,0                                     | 1,0                                   | 5,45                    | 24,3                  | 54,0                       |
| 1,0                                     | 1,5                                   | 5,6                     | 57,0                  | 84,4                       |
| 1,0                                     | 2,0                                   | 5,7                     | 69,7                  | 92,0                       |
| 1,0                                     | 2,5                                   | 5,75                    | 72,4                  | 94,0                       |

З табл. 3 видно, що МК бере участь у процесі декальцінування і пептизації казеїну. У порівнянні з дією однієї солі-плавителя (табл. 2) роль МК у процесі плавлення складає в середньому 7-8%. Модифікований крохмаль в наслідок вологосв'язуючої здатності, поліпшує структуру і стабілізує систему при високих температурах плавлення та наступному охолодженні сировини, сприяє одержанню плавленого сиру високої якості.

Фізико-хімічні процеси плавлення. Процес плавлення - це сукупність фізико-хімічних змін білкової маси, що відбуваються за участю солі-плавителя при нагріванні та механічній обробці. У результаті цих процесів відбуваються структурні перетворення вихідної білкової маси в плавлений сир.

Процес плавлення білку вивчали на плавленому сирі 40-60% жирності в сухій речовині. Фізико-хімічний стан білкової і жирової систем оцінювали в процесі плавлення за температур 40 - 85 °С і тривалості механічної обробки від 5 - 35 хв, відповідно. Оцінювали процес плавлення і стан продукту за ступенем декальцінування і пептизації, дисперсності білкової і жирової фаз, зміною форм зв'язку води з компонентами системи і консистенції готового продукту за реологічними показниками. Результати наведено на рис. 1 і 2.

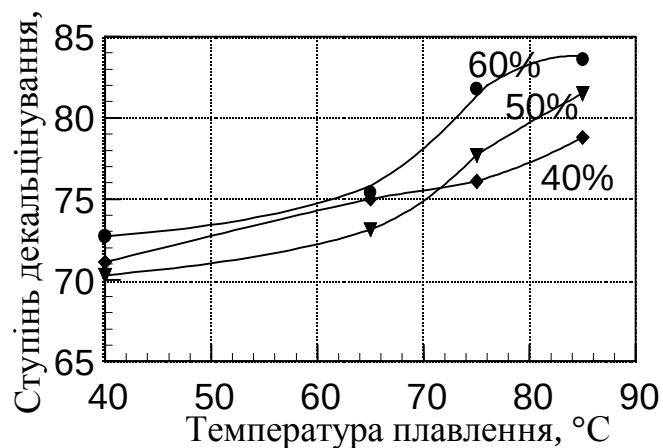


Рис . 1 .Залежність ступеня декальцінування від температури плавлення. Жирність сиру, виготовленого на основі кисломолочного сиру : 40- 60%

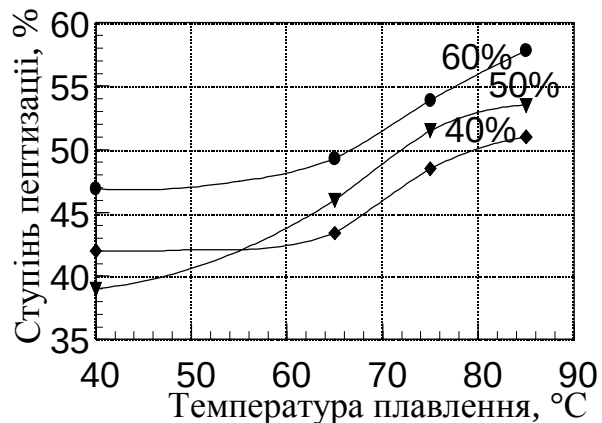


Рис . 2.Залежність ступеня пептизації від температури плавлення. Жирність сиру, виготовленого на основі кисломолочного сиру : 40-60%

Аналіз результатів плавлення показує, що підвищення температури та тривалості теплової і механічної обробки білкової сировини з триполіфосфатом натрію і МК призводить до збільшення вмісту в системі розчинного кальцію і розчинного білку.

Досягнуті рівні ступеня пептизації і декальцінування пастоподібних плавлених сирів як на основі твердого сиру, так і на основі кисломолочного сиру (рис .1 і 2 .) зростають на 8-10 %, забезпечуючи при цьому високу якість плавленого сиру.

Для сирів 60 % жирності, що виробляють на основі кисломолочного сиру, ці показники значно вище, ніж для сирів 40 % жирності. Це пояснюється розрахованим значенням концентрації солі-плавителя на одиницю білку у 100 г продукту. Для сирів 40 % жирності вона складає 0,125 г/г білку, а в сирах 60 % жирності 0,176 г/ г білку. Використовуючи ці дані, можна змінювати дозу солі-плавителя з урахуванням вмісту білку в рецептурах сирів.

Зміна форм зв'язку води під час плавлення. У плавленому сирі вода міститься в різних формах. Частина вологи є вільною водою, а інша частина - зв'язаною. Кількісний вміст вологи в продукті, а також співвідношення вільної і зв'язаної води відіграють важливу роль у формуванні структури плавлених сирів і стабілізації системи в умовах зберігання.

У зв'язку з цим методом диференційно сканованої колориметрії було досліджено форми зв'язку води у вихідній сировині, у продукті в процесі плавлення та у готовому сирі (табл.. 4).

Аналіз цих даних показує, що зі збільшенням температури плавлення сирної маси підвищується вміст зв'язаної вологи, яка досягає максимального значення за 85 °C. Кількість зв'язаної вологи в готовому сирі зростає на 25 % порівняно з вихідною сировиною. Отже, по-

казано, що в процесі плавлення сиру стан води змінюється одночасно зі зміною стану білкової структури сиру.

Таблиця 4

Зміна стану форм зв'язку води в процесі плавлення

| Показники               | Твердий сир | Кисломолочний сир | Продукт за t, °C |      | Готовий плавлений сир |
|-------------------------|-------------|-------------------|------------------|------|-----------------------|
|                         |             |                   | 55               | 85   |                       |
| Вміст воло-<br>ги, %    | 48,0        | 74,5              | 63,0             | 61,5 | 61,0                  |
| Вільна воло-<br>га, %   | 25,9        | 61,4              | 42,5             | 35,6 | 35,0                  |
| Зв'язана во-<br>лога, % | 22,1        | 13,1              | 20,5             | 25,9 | 26,0                  |

Аналіз термограм плавлення показав, що відповідно до температури і тривалості оброблення сирної маси змінюється положення максимумів піків на ендотермах плавлення, а саме спостерігається зсув в низькотемпературну область: з – 1,5 °C (вихідний кисломолочний сир) до –2,8 °C (готовий плавлений сир). Така закономірність свідчить про зменшення радіуса порожнин, що містять вологу.

На початку плавлення сирної маси вода сприяє набухання білків і підвищенню ступеня гідратації, що сприяє зростанню в'язкості сирної маси. Далі за підвищення температури плавлення від 55 до 85°C відбуваються одночасно фізико-хімічні процеси – декальцінування і пептизація білкових міцел сиру. Казеїнові міцели руйнуються до дрібніших структурних одиниць, завдяки чому збільшується поверхня білка і кількість гідрофільних груп, що контактують з водою, та відбувається подальша іммобілізація вільної вологи. Як результат, кількість зв'язаної води зростає, а вільної вологи зменшується.

Під час плавлення відбувається формування структури продукту, у якому дисперсійним середовищем є білковий золь, а дисперсною фазою – вода, жир, мінеральні речовини, що формують нову структуру плавленого сиру коагуляційного типу. Частка зв'язаної води у твердому сирі є істотно вищою, ніж у кисломолочному і наближається до готового плавленого сиру.

Вплив спільної дії солі-плавителя і структуроутворювача на процес плавлення білкової сировини. Передбачалося експериментально визначити оптимальні концентрації й оптимальне співвідношення МК і триполіфосфата натрію. Це дозволить знизити кількість останнього і забезпечити ефективний процес плавлення сирної маси й високу якість готового продукту.

У дослідях варіювали концентраціями солі-плавителя 0,5-2,0 % та структуроутворювача 0,5 –1,0 % і вивчали їхній вплив на процес плавлення, ефективність якого визначали за показниками ступеня декальцінування і пептизації.

Результати подано на рис. 3 і 4.

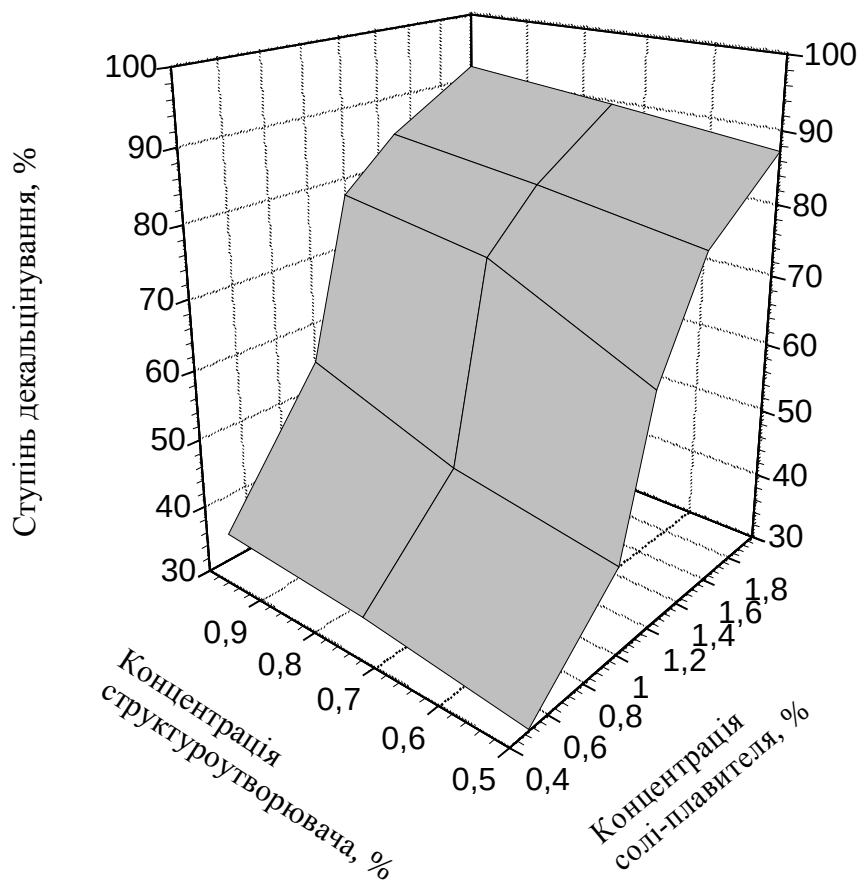


Рис . 3 . Залежність ступеня декальцінування від концентрації солі-плавителя і структуроутворювача

Методом множинної кореляції знайдені дві оптимальні композиції сіль-плавитель : модифікований крохмаль. Використовуючи композицію з мінімальною концентрацією солі-плавителя 1,2 % і максимальну концентрацію структуроутворювача 1 % показники ступеня пептизації і декальцінування знаходяться на рівні 50,6 і 77,5 %. В порівнянні з композицією, у складі якої максимальна концентрація солі-плавителя 1,5 % і мінімальна структуроутворювача 0,5 % ці показники збільшуються на 5 %.

Вироблені пастоподібні плавлені сири з оптимальним співвідношенням солі- плавителя : структуроутворювача (1,2 : 1,0 ) і (1,5 : 0,5) за органолептичними показниками характеризувалися ніжною, пластичною консистенцією, однорідною по всій масі, смак і запах помірно виражений сирний, колір тіста світло-жовтий.

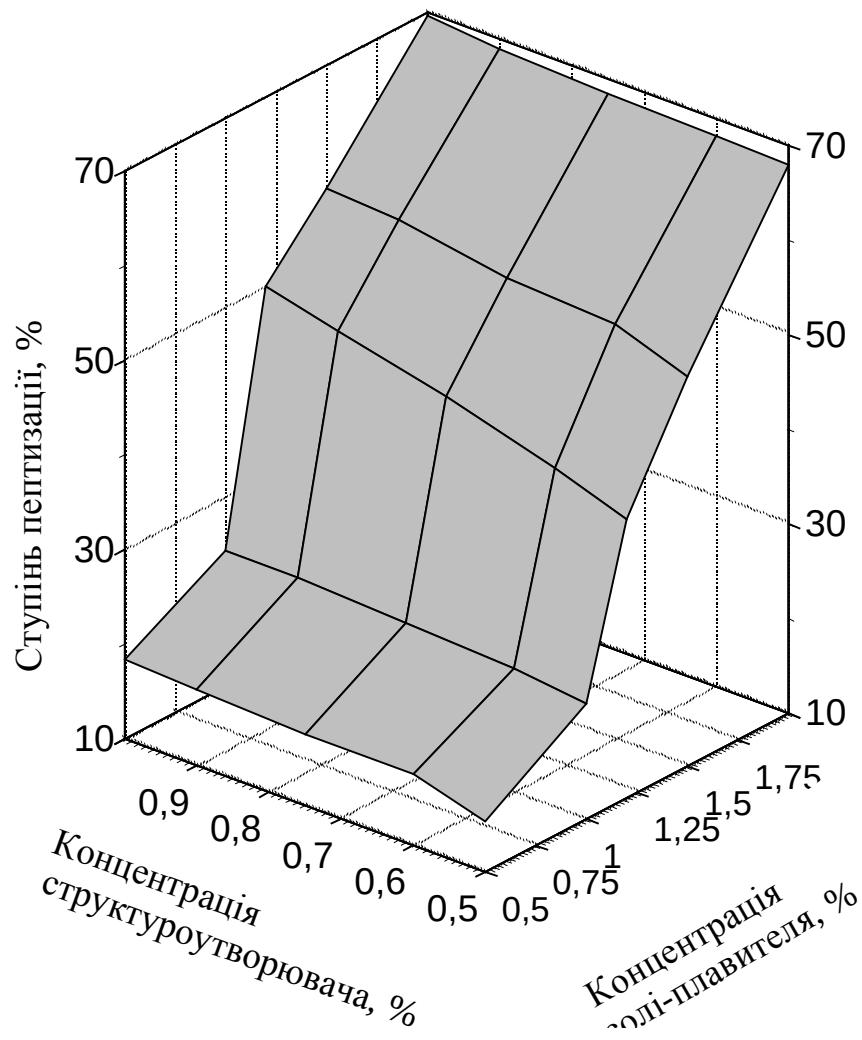


Рис . 4 . Залежність ступеня пептизації від концентрації солі-плавителя и структуроутворювача

Таким чином, можна констатувати, що пептизація білка на рівні 50 - 57% і декальцінування на рівні 75 – 85 % є показниками, які забезпечують необхідну завершеність процесу плавлення білка і високу якість готового пастоподібного плавленого сиру, виробленого на основі кисломолочного сиру. При цьому співвідношення модифікований крохмаль : сіль-плавитель повинно бути обмеженим в діапазоні (1,2 : 1,0) і (1,5 : 0,5) .

Отримані дані підтверджують також, що модифікований крохмаль бере участь у процесі пептизації білка і дозволяє знизити концентрацію триполіфосфата натрію на 20% .

На підставі експериментальних даних з використанням методу регресійної кореляції розроблено математичну модель, що пов'язує кількісні співвідношення

концентрацій триполіфосфату натрію і МК із показниками, що відображають ефективність ступеня пептизації і декальцінування під час плавлення сиру. Математичні залежності подано нижче :

$$\text{ступінь декальцінування } Y_2 = 3,59 \cdot X_1^{0.266} \cdot X_2^{1.153} \quad (1)$$

$$\text{ступінь пептизації } Y_1 = 4,07 \cdot X_1^{0.197} \cdot X_2^{0.790} \quad (2)$$

де  $X_1$  – концентрація модифікованого крохмалю, % ;  $X_2$  - концентрація солі-плавителя, %

Диспергування жирової фази. Важливим показником якості плавленого сиру є ступінь дисперсності жирової фази. Цей показник було досліджено як у готовому продукті, так і в процесі нагрівання та механічної обробки.

Результати подано на рис . 5

З підвищенням температури і тривалості механічної обробки зростає ступінь дисперсності жирової фази, про що свідчить різке зменшення розмірів жирових кульок. Через 5 хв оброблення середній діаметр жирових кульок складав 23,0 мкм, через 15 хв - 8,3 мкм, наприкінці процесу він знизився до 3,8 мкм, тобто наблизився до розмірів

жирових кульок у молоці. Ці дані було підтверджено також електронно - мікроскопічними дослідженнями, у результаті яких було додатково визначено фракцію жирових кульок особливо малих розмірів: 0,3 - 1,5 мкм.

Значну роль у диспергуванні жирової фази відіграє водорозчинна фракція білків - пептидів, вміст яких зростає в процесі плавлення сирної маси. Пептиди виконують роль емульгатора жиру, беручи участь у формуванні оболонки жирових кульок, тим самим запобігаючи їхній коалесценції і забезпечуючи рівномірний розподіл жиру в масі казеїнового гелю. При цьому важливу роль у диспергуванні жиру відіграє інтенсивна механічна обробка, яка відбувається в роторно-вихровому пристрої емульгатора.

Мікроструктура плавленого сиру Методом електронної мікроскопії досліджено зміни просторової структури плавленого сиру різної жирності (40,50 і 60% у сухій речовині), а також зразків проміжного продукту, отриманих на різних стадіях плавлення білкової сировини (у діапазоні температур 40 - 85 °С).

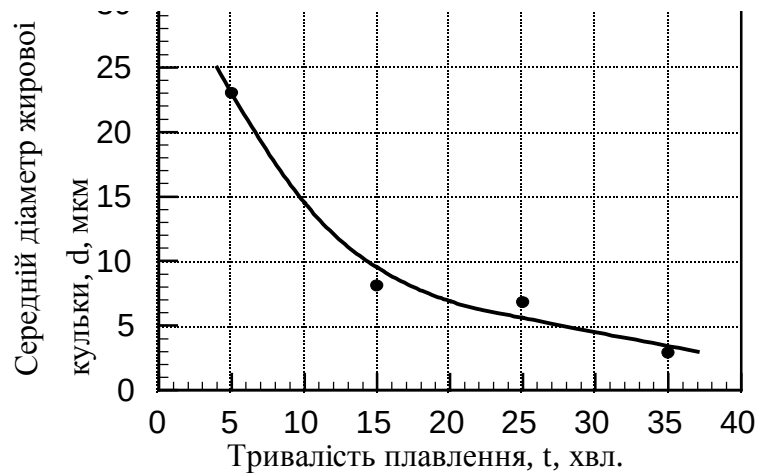


Рис . 5 . Залежність середнього діаметру жирових кульок від тривалості механічної обробки при плавленні

Показано, що готовий плавлений сир, вироблений на основі кисломолочного сиру, має характерну просторову білково-жирову сітку з діаметром комірок від 2 до 10 мкм (середній розмір 4 мкм). Білкові частки в даній структурі мають розміри від 50 до 300 нм (у середньому 120 нм), а жирова фаза представлена частинками із середнім діаметром близько 3 мкм, так і особливо дрібнодисперсною фракцією з розмірами від 0,3 до 1,5 мкм. Істотних відмінностей у структурі сиру різної жирності не виявлено.

Аналіз електронно-мікроскопічних знімків показав, що з підвищенням температури сирної маси в умовах інтенсивної механічної обробки відбувається поступовий перехід від грубодисперсного стану компонентів системи з доволі значними розмірами частинок і неоднорідною просторовою білково-жировою сіткою до гомогенної тонкодисперсної структури білково-жирового комплексу.

У процесі плавлення білкової сировини відбувається процес диспергування елементів просторових структур сітчастого білкового каркасу.

Реологічні властивості плавленого сиру. Як показали електронно-мікроскопічні дослідження, структура плавленого сиру представлена тривимірним сітчастим білковим каркасом, у стромі якого відносно рівномірно розподілені жир і вода. Білки обумовлюють міцнісні, пружні й еластичні властивості плавленого сиру, жир впливає на пластичність, а вода визначає стан в'язкості системи. Консистенція плавлених сирів залежить від кількості і співвідношення вищезгаданих компонентів. Для плавлених пастоподібних сирів, отриманих на основі сичугових сирів, величина співвідношення Жир / СЗМЗ  $-0,7 : 1,56$ , Волога / СЗМЗ  $- 2,3 : 2,5$ . У роботі встановлено, що для плавлених сирів на основі кисломолочного сиру величини цих співвідношень відповідно складають  $0,7 : 1,56$  і  $3,1 : 4,0$ .

Консистенція плавленого сиру визначається особливостями його структури й оцінюється сумою реологічних показників. Найбільша кореляція існує між органолептичною оцінкою консистенції і комплексним модулем зрушення.

За допомогою реогоніометра Вайсенберга було отримано частотні залежності комплексного модуля зрушення  $G^*$ , модуля пружності  $G^1$  і модуля втрат  $G^{11}$ , а також показники динамічної в'язкості (криві плину) пастоподібного плавленого сиру, виробленого як на основі кисломолочного сиру, так і на основі твердого сиру, а також зразків продукту, вироблених на основі кисломолочного сиру в процесі його плавлення за різних температур. Значення реологічних показників за частоти деформування 1 Гц наведено в табл. 6.

Показано, що пастоподібні плавлені сири на основі кисломолочного сиру мають пружно-в'язкі властивості. При цьому пружність істотно переважає над в'язкістю, що підтверджує наявність у продукті досить міцної просторової структури. За частот деформування менше 4 Гц пастоподібний плавлений сир має форму пластично-в'язкого реологічного тіла, а в межах частот вище 4 Гц пластичні

властивості його зростають. Руйнування структури продукту обумовлено насамперед руйнуванням зв'язків, що відповідають за в'язкісні властивості. Високий ступінь відновлення структури сиру після руйнування характеризує перевагу в ньому контактів коагуляційного типу між білковими частками. Пастоподібний плавлений сир, вироблений на основі твердих сичугових сирів, істотно відрізняється за реологічними характеристиками від сиру, виготовленого на основі кисломолочного сиру.

Таблиця 6

Структурно-реологічні показники плавлених сирів

| Плавлений сир                                             | Значення реологічних показників         |                             |                          |                           |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                                                           | Комплексний модуль зрушення $G^*$ , кПа | Модуль пружності $G'$ , кПа | Модуль втрат $G''$ , кПа | Динамічна в'язкість, Па·с |
| На основі кисломолочного сиру<br>твердого сичугового сиру | 11,1                                    | 10,7                        | 3,1                      | 485,8                     |
|                                                           | 30,6                                    | 29,6                        | 7,9                      | 1262,2                    |
| Продукт в процесі плавлення при $t$ °C                    |                                         |                             |                          |                           |
| 40                                                        | 16,5                                    | 15,8                        | 4,8                      | 770,3                     |
| 65                                                        | 9,7                                     | 9,4                         | 2,1                      | 335,3                     |
| 75                                                        | 8,7                                     | 8,4                         | 2,5                      | 392,7                     |

За частот менше 5 Гц плавлений сир на основі твердих сичугових сирів характеризується як псевдопластичне реологічне тіло, а за частот вище 5 Гц - як типове пластичне тіло і має більш високі показники усіх модулів (за частоти 1 Гц). Руйнування структури таких плавлених сирів зумовлює зниження як пружних, так і в'язкісних показників; цей продукт характеризується високим ступенем відновлення структури, що підтверджує абсолютну перевагу в ній зв'язків коагуляційного типу. Результати показують, що формування структури продукту, виготовленого на основі кисломолочного сиру і твердого сичугового сиру, відбувається за рахунок компонентних зв'язків.

Таким чином, високоякісні пастоподібні плавлені сири, вироблені на основі кисломолочного сиру за підвищених співвідношень Волога / СЗМЗ (3,1-4,0), у порівнянні з традиційними, виготовленими на основі твердих сичугових сирів, мають специфічну структуру, яка характеризується високою пружністю і зниженими значеннями модулів зрушення, пружності і втрат. У процесі плавлення білкової сировини руйнується вихідна просторова структура сиру, знижуються значення всіх реологічних показників (табл. 7).



У готовому сирі формується нова, тонко дисперсна структура зі зниженими реологічними показниками.

Таблиця 7

Реологічні характеристики плавлених сирів при руйнуванні

| Плавлений сир                             | Значення реологічних показників         |                              |                             |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                                           | Комплексний модуль зрушення $G^*$ , кПа | Модуль пружності $G^1$ , кПа | Модуль втрат $G^{11}$ , кПа |
| <b>На основі кисломолочного сиру</b>      |                                         |                              |                             |
| Неруйнована структура                     | 11,1                                    | 10,7                         | 3,1                         |
| Руйнована структура                       | 10,5                                    | 10,3                         | 2,1                         |
| <b>На основі твердого сичугового сиру</b> |                                         |                              |                             |
| Неруйнована структура                     | 30,6                                    | 29,6                         | 7,9                         |
| Руйнована структура                       | 17,4                                    | 16,7                         | 4,8                         |

Розроблення комбінованих жирових композицій. Метою підвищення харчової цінності плавлених сирів розроблено нові жирові композиції шляхом корегування жирнокислотного складу молочного жиру за принципом взаємного доповнення і збагачення його жирами рослинного походження.

Для розробки жирових композицій використовували: натуральну дезодоровану і рафіновану соняшникову олію; замінники молочного жиру (МЖ) закордонного виробництва Butao 50, Body Oil 03, Acoblend і вітчизняного виробництва Олмикс 100 і молочний жир. У складі жирових композицій передбачалося введення до 40% немолочних жирів.

Основними критеріями під час розроблення жирових композицій служили показники жирнокислотного складу: співвідношення поліненасичених жирних кислот (ПЖК) до насичених жирних кислот (НЖК) і вміст у таких кристалічній фази. На основі використання перерахованих вище жирів створено ряд жирових композицій, серед яких для практичного використання рекомендовані дві, що відповідають вимогам поставленої задачі.

Композиція № 1 включає: молочний жир 60%, соняшникову олію 10%, замінник молочного жиру Butao 50- 30%;

Композиція № 2 включає: молочний жир 60%, соняшникову олію 10%, замінник молочного жиру Олмикс 100 – 30%.

Обидві композиції збалансовано за жирнокислотним складом і співвідношенням вмісту ПЖК до НЖК, що складає 0,27-0,34. Це забезпечує оптимальне наближення до показника, рекомендованого наукою про харчування, який складає 0,3-0,4. За вмістом кристалічної фази в межах температур 18-30°C композиції також близькі до молочного жиру. При нижчих температурах (0-15 ° C) вміст кристалічної фази в них нижчий, ніж у молочному жирі, на 5-7%, що підвищує пластичність продукту за цих умов.

Дослідження зразків плавлених сирів показало можливість використання в рецептурах комбінованої жирової фази у співвідношенні молочний жир 60% і немолочний жир 40%. Залучення до рецептури такої жирової композиції не мало істотного впливу на якісні показники готового продукту, а показники жирнокислотного складу істотно підвищили його харчову цінність. Експериментально також показано можливість використання в складі жирових композицій у виробництві пастоподібних плавлених сирів на основі сирної сировини замінильника молочного жиру вітчизняного виробництва Олмикс –100.

Термін придатності до вживання плавленого сиру Плавлений пастоподібний сир, вироблений за опрацьованими технологічними режимами і розфасований у стаканчики з полістиролу місткістю 100 г, закладали на зберігання в побутовий холодильник за температури 0 плюс 4 ° С і досліджували через 10, 20, 30 діб за органолептичними, фізико-хімічними і мікробіологічними показниками .

Органолептична оцінка свіжих зразків пастоподібного плавленого сиру характеризувалася помірно вираженим смаком і запахом кисломолочного сиру. Консистенція у всіх зразках була ніжною, однорідною, пастоподібною. У процесі зберігання через 10, 20, 30 діб оцінювали органолептичні, мікробіологічні й основні фізико-хімічні показники. За органолептичними показниками сири протягом усього терміну зберігання (30 діб) відповідали вимогам технічних умов ТУ У 46.39 ГО 305-2000.

За дослідженнями мікробіологічних показників визначено, що бактерії групи кишкової палички (БГКП) і плісняви в 1г продукту були відсутні протягом усього терміну зберігання. Отримані результати досліджень мікробіологічних показників використано під час розробки нормативної документації на пастоподібний плавлений сир (ТУ У 46.39 ГО 305-2000).

**В четвертому розділі** “ Розробка технології пастоподібних плавлених сирів” наведено технологічний процес виробництва пастоподібних плавлених сирів. Нові рецептури передбачають використання як білкової сировини - твердого сиру, спеціальних сирів для плавлення, а також повну заміну твердих сирів сиром кисломолочним різної жирності. Виробництво пастоподібних плавлених сирів здійснюється на традиційному устаткуванні марки В2-ОПН, Б6-ОПЕ, а також на новому роторно-вихрових емульгаторі марки Я5-ОСВ. Розроблено нормативну документацію на сир плавлений пастоподібний ТУ У 46.39 ГО 305-2000.

**У п'ятому розділі** “Реалізація результатів досліджень” проведено розрахунки економічної ефективності виробництва плавлених сирів. Технологія дозволяє знизити вартість білкової сировини для виробництва плавленого сиру й одержати економічний ефект у середньому 300 грн /т.

Технологію впроваджено на підприємствах молочної промисловості України (Лубенський молочний завод, Чернігівський молочний завод, Дніпрорудненський сироробний завод ).

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне обґрунтування і нове вирішення наукового завдання, що виявляється в можливості виробництва пастоподібних плавлених сирів високої якості на основі кисломолочного сиру. Шляхом застосування комплексу сучасних фізико-хімічних методів дослідження, отриманий комплекс параметрів процесу плавлення, які дають змогу створити нову технологію плавлених сирів.

1. На підставі процесів плавлення білка показано, що ступінь декальцінування казеїну на рівні 75-85% і ступінь пептизації на рівні 50-57% забезпечують необхідний ступінь завершеності процесу плавлення білка й одержання пастоподібних сирів високої якості.

2. Установлено, що структуроутворююча добавка у вигляді модифікованого крохмалю бере участь у процесах плавлення білка, підвищуючи ступінь декальцінування та пептизації на 7-8%, що дозволяє знизити витрату солі-плавителя на 20%.

3. Обґрунтовано застосування як солі-плавителя триполіфосфата натрію; визначено оптимальні кількісні співвідношення модифікований крохмаль : триполіфосфат натрію (0,5-1,5) : (1,0-1,2), що забезпечує ефективність процесу плавлення білка і високу якість сиру.

5. Показано, що пептизація казеїну в процесі плавлення зумовлює підвищення кількості зв'язаної води в готовому сирі на 25%, формування просторової білково-жирової структурної сітки із середнім діаметром осередків 4 мкм.

6. Структура такого сиру характеризується в'язко-пластичними властивостями з високою пружністю і зниженими значеннями модулів зрушення і пружності, характерними для високоякісного сиру з підвищеними співвідношеннями Волога / СЗМЗ на рівні 3,1-4,0.

7. На основі молочного і рослинного жирів розроблено жирові композиції для пастоподібних плавлених сирів, збалансовані за жирнокислотним складом і за ступенем тверднення близькі до молочного жиру.

8. Показано високу ефективність обробки сирної маси в роторно-вихрових пристроях (установках Я5-ОЄВ), що забезпечує зниження енергетичних витрат у порівнянні з традиційними способами обробки (апарати В2-ОПН, Б6-ОПЕ, «Штефан») у 1,5 рази і високий ступінь емульгування жирової фази (розмір жирових крапель 3 мкм).

9. Розроблено технологію пастоподібного плавленого сиру з вмістом жиру від 40 до 60% і затверджено нормативно-технічну документацію ТУ У 46.39 ГО 305-2000 на "Сир плавлений пастоподібний".

10. Технологію впроваджено на діючих підприємствах України (Чернігівський молокозавод, Лубенський молокозавод, Дніпрорудненський сироробний завод).

11. Економічний ефект при виробленні 1 тонни плавленого сиру складає 300 грн.

## **ПЕРЕЛІК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Єресько Г.О., Гуляєв-Зайцев С.С., Бовкун А.О. Фізико-хімічні процеси виробництва пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру //Вісник аграрної науки. - 2001.-№9.- С.62-64.

Особистий внесок полягає в проведенні експериментальних досліджень процесу плавлення білка та емульгування жирової фази, обробці отриманих результатів (ступінь декальцінування, ступінь пептизації і дисперсності).

2. Бовкун А.О., Гуляєв-Зайцев С.С. Розробка технології виробництва пастоподібного плавленого сиру на роторно-вихровому емульгаторі //Наукові праці Українського державного університету харчових технологій.-2001.- Ч.2, №10.- С. 45-46.

Особистий внесок полягає в проведенні експериментальних досліджень з використанням роторно-вихрового емульгатора Я5-ОСВ, розробці технологічних режимів плавлення.

3. Єресько Г.О., Гуляєв-Зайцев С.С., Кимачинський С. І.,Бовкун А.О. Розроблено технологію, затверджено документацію на виробництво пастоподібного плавленого сиру //Харчова і переробна промисловість. - 2002. -№8. - С. 18.

Особистий внесок полягає в участі у розробці рецептур та документації на сир плавлений пастоподібний.

4. Бовкун А.О. Високоякісні плавлені сири //Харчова і переробна промисловість - 2002 - №9.-С.22-23.

5. Бовкун А.О. Дослідження структурно-реологічних характеристик пастоподібного плавленого сиру //Вісник аграрної науки.-2002.-№4.- С.81-82.

6. Гуляєв-Зайцев С.С., Бовкун А.А., Атаманенко І.Д. Форми зв'язи води в пастообразном плавленом сыре // Молочна промисловість. – 2003. - №2(5). - С.32-33.

Особистий внесок полягає в опрацюванні результатів зв'язаної та свободної вологи у плавленому сирі, та їх змін при плавленні, підготовці матеріалів до друку.

7. Пат.48881 А Україна, МКИ А 23С 19/08 Спосіб виробництва пастоподібного плавленого сиру / Бовкун А.О., Колеснікова С.С.,- Опубл. 15.08.2002, Бюл.№8.

Особистий внесок полягає в проведенні патентного пошуку, підготовки та оформленню заявки на патент.

8. Бовкун А.О. Диспергування жирової фази в процесі виробництва плавленого сиру // Матеріали конф. “67-а наук. конференція студентів, аспірантів і молодих вчених”.-Ч.2 – К.: УДУХТ.-2001. - С.34-35.

9. Бовкун А.О. Використання комбінованої жирової фази у виробництві плавленого сиру // Матеріали конф. “69 –а наук. конференція студентів, аспірантів і молочних вчених “.- Ч.2 –К.: НУХТ. -2003. - С. 39.

10. Єресько Г.О., Гуляєв-Зайцев С.С.,Бовкун А.О., Технологія виробництва пастоподібного плавленого сиру // М’ясо та молоко. – ТІММ УААН.- К.-2001. -№ 5.- С.2-3.

Особистий внесок полягає в проведенні експериментальних досліджень на роторно-вихровому емульгаторі , та опрацюванню технології з використанням немолочної сировини .

## АНОТАЦІЯ

Бовкун А.О. Дослідження фізико-хімічних процесів плавлення і розробка технології пастоподібних плавлених сирів з використанням кисломолочного сиру. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04. – технологія м’ясних, молочних та рибних продуктів. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2004.

Дисертаційну роботу присвячено науковому обґрунтуванню фізико-хімічних процесів плавлення та розробленню технології пастоподібних плавлених сирів з використанням кисломолочного сиру. Показана можливість заміни в рецептурах сичугових і спеціальних сирів на більш дешеву білкову сировину - кисломолочний сир. Досліджено структурні перетворення під час плавлення білкової сировини в плавлений сир за ступенями декальцінування та пептизації, ступенем дисперсності жирової та білкової фаз, зміні форм вологи, а також реологічними показниками. Показано, що високий рівень ступеня декальцінування та пептизації плавлених сирів, виготовлених на основі кисломолочного сиру, забезпечує одержання пастоподібних сирів високої якості. Визначено роль структуроутворювача у процесі плавлення білку, що дозволило змогу знизити концентрацію солі-плавителя. Встановлено оптимальне кількісне співвідношення сіль-плавитель: модифікований крохмаль, необхідне для завершення процесу плавлення. Розроблено технологію пастоподібного плавленого сиру; новизна якої підтверджена Деклараційним патентом України на винахід. Технологія впроваджена на діючих молочних підприємствах .

**Ключові слова:** кисломолочний сир, плавлений сир сичугові сири, структуроутворювач, сіль-плавитель, декальцінування, пептизація, диспергування, зв'язана волога, технологія.

## АННОТАЦІЯ

Бовкун А.А. Исследование физико-химических процессов плавления и разработка технологии пастообразных плавленных сыров с использованием творога. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04. – технология мясных, молочных и рыбных продуктов. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2004.

Диссертация посвящена научному обоснованию физико-химических процессов плавления и разработке технологии пастообразного плавленого сыра с использованием творога.

В работе показана возможность замены твердых сычужных и специальных сыров для плавления творогом. Исследованы физико-химические процессы плавления творожного сырья по глубине распада белка, степени дисперсности жировой и белковой фаз, изменению форм влаги, реологическим показателям.

Показано, что степень декальцинирования плавленных сыров с использованием творога на уровне 75-85% и степень пептизации на уровне 50-57% обеспечивают получение пастообразных сыров высокого качества.

Определено участие структурообразующей добавки в процессах плавления белка и стабилизации структуры при формировании пастообразного плавленого сыра, что позволяет снизить концентрацию соли-плавителя на 20%.

Обосновано применение в качестве соли-плавителя триполифосфата натрия, определены оптимальные количественные соотношения модифицированный крахмал : триполифосфат натрия (0,5:1,5) – (1,0:1,2), обеспечивающие эффективность процесса плавления белка и высокое качество сыра.

Показано, что пептизация казеина в процессе плавления обуславливает повышение количества связанной воды в готовом продукте на 25% и формирование пространственной белково-жировой структурной сетки со средним диаметром ячеек 4 мкм.

Установлены базовые соотношения Влага/Сомо = 3,1-4,0 и Жир/Сомо = 0,7-1,56 для пастообразных сыров на основе творога, обеспечивающие оптимальные реологические показатели, необходимые для расчета рецептур.

Изучены физико-химические, микробиологические показатели плавленных сыров и их хранимоспособность.

Разработана технология пастообразного плавленого сыра с содержанием жира от 40 до 60% и утверждена нормативно-техническая документация ТУ У

46.39 ГО 305-2000 на « Сыр плавленый пастообразный». Технология подтверждена Декларационным патентом на изобретение. Технология внедрена на действующих предприятиях Украины.

**Ключевые слова:** творог, плавленый сыр, сычужные сыры, структурообразователь, соль-плавитель, декальцинирование, пептизация, диспергирование, связанная влага, технология.

## ANNOTATION

Bovkun A. A. Research of physical and chemical processes of melting and development of technology paste-like processed cheeses with use of cottage cheese. -The manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical science on a speciality 05.18.04 (technology of meat, dairy, and fish products). An institute of technology of milk and meat of the Ukrainian Academy of agrarian sciences, Kiev, 2004.

The dissertation work is devoted to a scientific substantiation of physical and chemical processes of melting and development of technology of paste-like processed cheeses with use of cottage cheese.

The possibility of replacement of rennet and special cheeses by cheaper protein raw material – cottage cheese or curd in receipts was shown. The structural transformations in process of melting of protein raw material into processed cheeses are investigated (on depth of protein decay, dispersibility degree of fat and protein phases, change of moisture forms and rheological parameters). The high level of decalcification and peptization of processed cheeses on the basis of cottage cheese is shown, that provides the obtaining of high-quality paste-like cheeses. The optimum quantitative ratio salt-melter : modified starch is determined, that is necessary for melting process completeness. Participation of a structure-forming agent in protein melting processes is established, that provides a possibility to reduce the concentration of salt-melter.

The technology of paste-like processed cheese is developed. The technology is introduced into manufacture. The novelty of the developed technology is confirmed by the declaration patent of Ukraine for the invention.

**Key words:** cottage cheese, processed cheese, firm rennet cheeses, modified starch, salt - melter, melting process, degree of decalcification, peptization, dispersibility, bound moisture, technology.

**Актуальність теми.** Як основні сировинні компоненти для виробництва плавлених сирів використовують тверді сичугові сири і спеціальні сири для плавлення. Перспективним напрямком є розробка нових рецептур і технологій виробництва пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру різної жирності. Це дозволить розширити асортимент пастоподібних плавлених сирів, залучити нові сировинні ресурси, збільшити обсяги виробництва.

Заміна в рецептурах твердих сичугових і спеціальних сирів на дешевшу сирну сировину, а також використання рослинних жирів, істотно підвищує рентабельність виробництва.

Зниження доз солей-плавителів і комплексне застосування їх зі структуруючими добавками, поряд з економічним ефектом, забезпечує високу якість пастоподібних плавлених сирів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалася у відділах Технологічного інституту молока і м'яса УААН у рамках науково – технічної програми УААН «Переробка молока і м'яса» на 1996-2001 р.р. з теми «Розробити технологію пастоподібних плавлених сирів з використанням роторно-вихр'явого емульгатора» (2000-2002 р.р., державний реєстраційний номер 07.00).



**Мета досліджень** полягає в науковому обґрунтуванні та створенні технології виробництва пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру.

**Задачі досліджень**, виконання яких забезпечує досягнення мети наступні :  
провести вибір і обґрунтування солі-плавителя, структуроутворюючої добавки, їхніх доз і способів внесення в сирну масу ;

дослідити процеси плавлення білка й емульгування жиру ;  
вивчити реологічні властивості, мікроструктуру і терміни придатності до споживання пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру,

розробити рецептури і технологію виробництва пастоподібних плавлених сирів ;

затвердити нормативну документацію ;

впровадити розроблену технологію у виробництво.

**Об'єктом досліджень** був процес плавлення білкової фази й емульгування жиру в умовах нагрівання та інтенсивної механічної обробки.

**Предметами досліджень** були: молочна сировина (сири тверді сичугові, сир кисломолочний, вершки, масло селянське, сухе молоко), солі-плавители, структуроутворювач, проміжний і готовий продукти, отримані на основі твердого сиру і на основі кисломолочного сиру.

**Наукова новизна :**

вперше отримано фізико-хімічні показники процесу плавлення сирної маси з заміною твердих і спеціальних сирів на кисломолочний сир ;

показано, що ступінь декальцінування плавлених сирів на основі кисломолочного сиру на рівні 75-85% і ступінь пептизації на рівні 50-57% забезпечують одержання пастоподібних плавлених сирів високої якості ;

встановлено внесок модифікованого крохмалю – структуроутворювача у декальцінуванні та пептизації, що дозволило знизити в рецептурах пастоподібних плавлених сирів концентрацію солі-плавителя на 20%, визначено оптимальні кількісні співвідношення сіль-плавитель – модифікований крохмаль (1,2-1,0 : 1,5-0,5), що забезпечують необхідне завершення процесу плавлення ( пептизація білку 50-57%) і високу якість сиру ;

встановлені базові співвідношення Волога/СЗМЗ=3,1-4,0 і Жир/СЗМЗ=0,7-1,56 для пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру , що забезпечують необхідні для розрахунку рецептур оптимальні реологічні показники ;

вперше отримано дані про мікроструктуру плавленого сиру на основі кисломолочного сиру, його реологічних властивостей показано зміну дисперсних характеристик білкової та жирової фаз у процесі плавлення .

**Практичне значення отриманих результатів :**

розроблено технологію виробництва «Сиру плавленого пастоподібного» ТУ У 46.39 ГО 305 –2000 ;

новизну розробленої технології підтверджено патентом на винахід 48881 А від 15.08.2002 « Спосіб виробництва плавленого сиру» ;

встановлено високу ефективність обробки сирної маси в роторно-вихрових пристроях, яка забезпечує зниження енергетичних витрат порівнянно з традиційними способами оброблення у 1,5 рази та високий ступінь емульгування жирової фази (розмір жирових крапель 3 мкм);

технологію впроваджено на трьох підприємствах України. Економічний ефект склав у середньому 300 грн на тонні готового продукту .

**Особистий внесок дисертанта** полягає у проведенні експериментальних досліджень, обробці й узагальненні отриманих результатів та розробці технологічних режимів виробництва пастоподібних плавлених сирів. За участю дисертанта розроблено НД, підготовлено до публікації статті, а також оформлено патент на винахід. Автор проводила апробацію і впровадження розробленої технології.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи висвітлювалися й обговорювалися на:

- VII Міжнародній науково – технічній конференції «Пріоритетні напрямки впровадження в харчову промисловість сучасних технологій, устаткування і нових видів продуктів оздоровчого і спеціального призначення» УДУХТ, Київ, 2001 р.;

- «67 –ій Науковій конференції студентів, аспірантів і молодих учених» УДУХТ, Київ, 2001 р.;

- «69 -ій Науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів » НУХТ, Київ, 2003 р.;

- засіданнях Вченої ради ТІММ за підсумками роботи щорічно за 1999-2001р.р.

### **Публікації.**

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано десять робіт, у т.ч. шість у фахових наукових журналах, 2 - у матеріалах конференцій, отримано патент на винахід.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Основний зміст роботи викладений на 122 сторінках машинописного тексту, містить 31 таблицю, 20 малюнків, 15 сторінок - список використаних літературних джерел з 139 найменувань.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність роботи, наукову новизну і практичну цінність. Визначено мету і задачі досліджень.

**У першому розділі** подано аналітичний огляд публікацій, стосовно питань теорії і практики виробництва плавлених сирів. У ньому наведено коротку історію розвитку виробництва плавлених сирів за кордоном і в Україні; стан галузі, асортиментний склад різних видових груп плавлених сирів, перспективи виробництва пастоподібних плавлених сирів; характеристику сировини; що використовується для виробництва плавлених сирів, подано відомості про солі-плавители, їхні властивості, розглянуто механізм їх дії в процесі плавлення білкової сировини; визначено солі-плавители, що застосовуються для вироблення пастоподібних плавлених сирів, їх оптимальні дози і спосіб внесення в сирну масу, наведено аналіз літературних даних відносно структуроутворювачів полісахаридної природи, розглядаються літературні дані щодо використання нетрадиційної сировини рослинного походження, що дозволяє розширити асортиментний склад плавлених сирів, збалансувати їх склад за незамінними амінокислотами та жирними кислотами, знизити собівартість продукції й підвищити конкурентоспроможність.

**У другому розділі** подано схему проведення експерименту, характеристику об'єкту досліджень і сучасні апаратурні методи досліджень.

Експериментальні дослідження виконувалися у відділі маслоробства ТІММ на лабораторній установці –роторно-вихровому емульгаторі Я5-ОЄВ.

Для визначення фізико-хімічних показників застосовували стандартні і загальновизначені методи досліджень: масову частку вологи за ГОСТ 3626-73, масову частку жиру за ГОСТ 5867-90, масову частку сухих речовин за ГОСТ 3626-73, температуру за ГОСТ 3622, активну кислотність за ГОСТ 26781-81, мікробіологічні показники: бактерії групи кишкової палички за ГОСТ 9225-84, дріжджі і плісняви за ГОСТ 10444.12; загальний і розчинний азот методом К'ельдаля з наступним перерахуванням на білок, кальцій загальний і розчинний за Дуденковим. Смак, запах і колір визначали органолептично.

Крім стандартизованих методик використовували також спеціальні сучасні методи досліджень. Мікроструктурний аналіз білкової та жирової фаз проводили на електронному мікроскопі ІМ-410 фірми Філіпс (Голандія) при збільшенні 6000х і 62000х. Дисперсність жирових кульок визначали на оптичному мікроскопі МБИ-6 зі збільшенням 600х. Дослідження форм зв'язку вологи виконано методом диференційно сканованої калориметрії на мікрокалориметрі ДСМ-2М на підставі фіксування фазових переходів під час плавлення льоду. Ендотерми плавлення льоду реєстрували в температурному інтервалі від мінус 50°C до плюс 10° С. Структурно-реологічні дослідження проводили на реогоніометрі Вайсенберга (моделі R-19) фірми Sangamo Weston Controls Limited (Англія).. Ступінь затвердіння жирів досліджували методом дилатометрії жирових композицій за методикою Г.О.Єресько та Л.І. Работягової.

Повторність дослідів була триразовою. Математичну обробку експериментальних даних проводили методом множинної кореляції економічної моделі за функцією Кобба-

Дугласа, вірогідність моделі визначали за критерієм Фішера з використанням персонального комп'ютера.

У третьому розділі викладено й обговорено результати експериментальних досліджень.

Вибір солі-плавителя та її оптимальної дози. Специфічний склад сировини зумовив необхідність підбору солі-плавителя і структуроутворюючої добавки, а також визначення їхніх оптимальних доз.

Для вирішення поставленого завдання проведено серію дослідних виробок у лабораторних умовах. У всіх дослідях використано рецептуру зі вмістом жиру в сухій речовині 50% такого складу сировини : сир 5% жирності, вершки 35% жирності, масло селянське жирністю 72,5% і сухе знежирене молоко. Сіль-плавитель вводили у вигляді 20 % водного розчину на стадії дозрівання сирної маси. Випробувалися такі солі-плавители: динатрійфосфат, триполіфосфат натрію, фосфатна добавка «Фонакон», суміш фосфатів з цитратами.

Якість пастоподібних плавлених сирів визначалася за органолептичними (смак, запах, колір) і фізико-хімічними показниками. На підставі проведених досліджень вищу органолептичну оцінку одержали сири з використанням солі-плавителя триполіфосфата натрію. З цією сіллю-плавителем проводилися всі наступні дослідження.

Для визначення оптимальної дози триполіфосфата натрію для плавлення сирної сировини було випробувано наступні концентрації 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 і 2,5 % у перерахуванні на безводну сіль. Результати органолептичних і фізико-хімічних показників представлено в табл. 1 і 2.

Таблиця 1.

Органолептичні показники плавленого сиру

| Доза триполіфосфату натрію, % | Характеристика смаку і запаху  | Характеристика консистенції                                                     |
|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 0,5                           | Кислий смак сиру               | Дуже борошніста, крошлива, незв'язна, наявність часток білка, що не розплавився |
| 1,0                           | Злегка кислуватий смак         | М'яка, порівняно однорідна, наявність часток білка, що не розплавився           |
| 1,5                           | Чистий, злегка кислуватий смак | М'яка, пластична, однорідна по всій масі, легко намазується                     |
| 2,0                           | Легка гіркота                  | Дуже м'яка                                                                      |
| 2,5                           | Значна гіркота, лужний присмак | Дуже м'яка, текуча                                                              |

Таблиця 2.

Фізико-хімічні показники плавленого сиру

| Доза триполі-фосфату натрію, % | Активна кислотність, рН | Ступінь пептизації, % | Ступінь декальцінування, % |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 0,5                            | 5,0                     | 14,3                  | 29,3                       |
| 1,0                            | 5,1                     | 21,8                  | 41,0                       |
| 1,5                            | 5,2                     | 48,1                  | 76,3                       |
| 2,0                            | 5,35                    | 57,3                  | 86,0                       |
| 2,5                            | 5,5                     | 62,0                  | 89,0                       |

Дослідження показали, що кращий зразок готового продукту за органолептичними і фізико-хімічними показниками отримано у разі використання триполіфосфата натрію в кількості 1,5 % до маси сировини. Ця доза триполіфосфата забезпечує нормальний процес плавлення білкової маси сиру і переходу його з геля у золь. Підвищені дози триполіфосфата натрію призводять до появи занадто текучої консистенції й утворення лужного присмаку.

За 1,5% солі-плавителя отримано продукт, який за органолептичними показниками цілком відповідає вимогам до пастоподібних сирів. Це дозволяє зробити попередній висновок про те, що досягнуті в даному досліді рівні декальцінування 76,3% і пептизації білка 48,1 % забезпечують високоякісні показники готового плавленого сиру.

Підбір структуроутворювача, дози та способу внесення його в сирну масу. У багатьох харчових продуктах як структуроутворюючі добавки застосовуються крохмалі; використання їх у пастоподібних плавлених сирах також виправдане, тому що ці продукти містять доволі значну кількість води (60-65%). У наших дослідженнях як структуроутворювач обрано модифікований крохмаль (МК).

Завданням досліджень було встановити ступінь впливу МК у сполученні з триполіфосфатом натрію на процес розпаду білкової маси під час плавлення сирної маси за показниками ступеня декальцінування (відношення розчинного кальцію до загального) і пептизації (відношення розчинного азоту до загального).

За результатами досліджень планували визначити дози модифікованого крохмалю і триполіфосфата натрію й оптимальне співвідношення між ними, це дозволяє знизити дозу солі-плавителя і забезпечити ефективний процес плавлення сирної маси та високу якість продукту.

Для цього проведено дослід з використанням для плавлення сиру різних концентрацій триполіфосфата натрію 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 % до маси сировини з МК у кількості 1%. При цьому рецептура, способи введення солі-плавителя в масу сировини, умови вироблення й оцінка готового продукту були аналогічними висвітленим вище дослідом. МК вносили в сирну масу в сухому вигляді безпосередньо під час її плавлення.

Аналіз результатів досліджень показав, що сіль-плавитель у кількості 0,5-1,0% у сполученні з 1% МК не забезпечують процес плавлення сиру, що підтверджується показниками рівнів декальцінування і пептизації (табл.3). При цьому готовий продукт мав присмак кисло-молочного сиру, незв'язну консистенцію, у той час як за підвищених доз 2,0 і 2,5% спостерігали глибоке руйнування міцели казеїну (ступінь декальцінування складав 92-94% і пептизації 69,7-72,4 %), відповідно що убувало утворення клейкої консистенції продукту з на-

явністю гіркоти та лужного присмаку. Кращі органолептичні показники відзначено в сирах з використанням триполіфосфата натрію в кількості 1,5% і МК 1%. У цих варіантах консистенція продукту була ніжною, пастоподібною, смак кисломолочний.

Таблиця 3.

Показники ступеня плавлення білкової сировини

| Доза МК,% | Доза триполіфосфату натрію,% | Активна кислотність, рН | Ступінь пептизації, % | Ступінь декальціювання,% |
|-----------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1,0       | 0,5                          | 5,4                     | 18,4                  | 34,0                     |
| 1,0       | 1,0                          | 5,45                    | 24,3                  | 54,0                     |
| 1,0       | 1,5                          | 5,6                     | 57,0                  | 84,4                     |
| 1,0       | 2,0                          | 5,7                     | 69,7                  | 92,0                     |
| 1,0       | 2,5                          | 5,75                    | 72,4                  | 94,0                     |

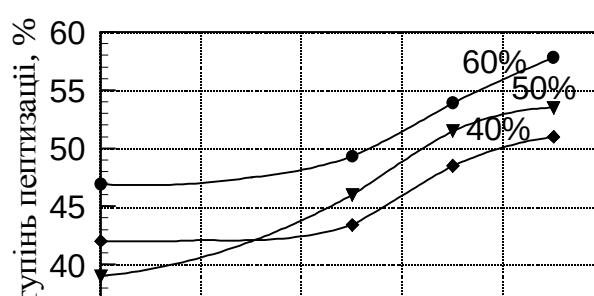
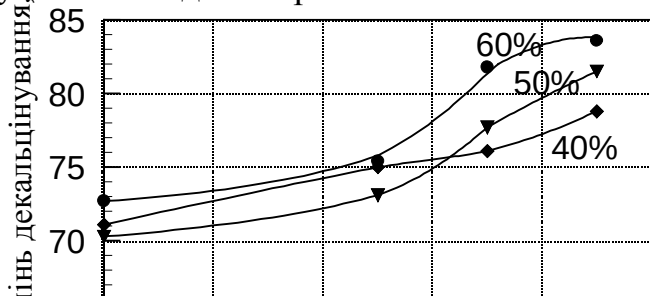
З табл. 3 видно, що МК бере участь у процесі декальціювання і пептизації казеїну. У порівнянні з дією однієї солі-плавителя (табл. 2) роль МК у процесі плавлення складає в середньому 7-8%. Модифікований крохмаль внаслідок вологозв'язуючої здатності, поліпшує структуру і стабілізує систему при високих температурах плавлення та наступному охолодженні сировини, сприяє одержанню плавленого сиру високої якості.

Фізико-хімічні процеси плавлення. Процес плавлення - це сукупність фізико-хімічних змін білкової маси, що відбуваються за участю солі-плавителя при нагріванні та механічній обробці. У результаті цих процесів відбуваються структурні перетворення вихідної білкової маси в плавлений сир.

Для вивчення фізико-хімічного процесу під час плавлення білка проводили дослідні плавки білкової маси як на основі кисломолочного сиру, так і на твердому сичуговому сирі з масовою часткою жиру в сухій речовині 40%, 50%, 60%. Як сіль-плавитель використовували триполіфосфат натрію в кількості 1,5%, як структуроутворювач системи – МК у кількості 1%.

Фізико-хімічний стан білкової і жирової систем оцінювали в процесі плавлення за температур 40, 65, 75, 85 °C і тривалості механічної обробки протягом 5, 15, 25 і 35 хв, відповідно. Для цього відбирали зразки проб для досліджень протягом усього процесу плавлення.

У пробах проміжного продукту й у готовому плавленому сирі процес плавлення і стан продукту оцінювали за показниками ступеня декальціювання, ступеня пептизації, ступеня дисперсності білкової і жирової фаз, зміні форм зв'язку води з компонентами системи і консистенції готового продукту за органолептичними і реологічними показниками. Результати наведено на рис. 1 і 2.



Аналіз результатів плавлення показує, що підвищення температури та тривалості теплової і механічної обробки білкової сировини з триполіфосфатом натрію і МК призводить до збільшення вмісту в системі розчинного кальцію і розчинного білка.

Ступінь декальцінування білка в сирах у процесі термомеханічної обробки зростає з 71,73% до 70,84% ступінь пептизації білка з 30,47 до 51,59%. Порівняльний розум

Рис. 1. Залежність ступеня декальцінування від температури плавлення. Жирність сиру, виготовленого на основі кисломолочного сиру : 60, 50 , 40%

Рис. 2. Залежність ступеня пептизації від температури плавлення. Жирність сиру, виготовленого на основі кисломолочного сиру : 60, 50, 40%

вищі показники ступеня декальцінування і пептизації. Це пояснюється тим, що у високожирних сирах частка солі-плавителя на одиницю білка у 100 г продукту істотно зростає. Так у сирах 40 % жирності вона складає 0,125 г/г білка, 50% жирності 0,14 г/г білка, а в сирах 60 % жирності 0,176 г/ г білка. Використовуючи ці дані, можна змінювати дозу солі-плавителя з урахуванням вмісту білка в рецептурах сирів.

Зміна форм зв'язку води під час плавлення. У плавленому сирі вода міститься в різних формах. Частина вологи є вільною водою, а інша частина - зв'язаною. Кількісний вміст вологи в продукті, а також співвідношення вільної і зв'язаної води відіграють важливу роль у формуванні структури плавлених сирів і стабілізації системи в умовах зберігання.

У зв'язку з цим методом диференційно сканованої колориметрії було досліджено форми зв'язку води у вихідній сировині, у продукті в процесі плавлення та у готовому сирі.

Аналіз термограм плавлення показав, що відповідно до температури і тривалості оброблення сирної маси змінюється положення максимумів піків на ендотермах плавлення, а саме спостерігається зсув в низькотемпературну область: з  $-1,5^{\circ}\text{C}$  (вихідний кисломолочний сир) до  $-2,8^{\circ}\text{C}$  (готовий плавлений сир). Така закономірність свідчить про зменшення радіуса порожнин, що містять вологу.

Використовуючи ендотерми плавлення льоду розраховували кількість тепла, поглиненого зразком при плавленні льоду. Порівняння цієї величини з еталоном дало можливість визначити кількість вільної води в досліджуваних об'єктах. Кількість зв'язаної води визначали за різницею між загальною і вільною водою. Результати подано в табл. 4.

Таблиця 4.

Зміна стану форм зв'язку води в процесі плавлення

| Показники   | Твердий сир | Кисломолочний сир | Продукт за t, °C |      | Готовий плавлений сир |
|-------------|-------------|-------------------|------------------|------|-----------------------|
|             |             |                   | 55               | 85   |                       |
| Вміст воло- | 48,0        | 74,5              | 63,0             | 61,5 | 61,0                  |

|                         |      |      |      |      |      |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
| ги, %                   |      |      |      |      |      |
| Вільна воло-<br>га, %   | 25,9 | 61,4 | 42,5 | 35,6 | 35,0 |
| Зв'язана воло-<br>га, % | 22,1 | 13,1 | 20,5 | 25,9 | 26,0 |

Аналіз цих даних показує, що зі збільшенням температури плавлення сирної маси підвищується вміст зв'язаної води, яка досягає максимального значення за 85 °С. Кількість зв'язаної води в готовому сирі зростає на 25 % порівняно з вихідною сировиною. Отже, показано, що в процесі плавлення сиру стан води змінюється одночасно зі зміною стану білкової структури сиру.

На початку плавлення сирної маси вода сприяє набуханням білків і підвищенню ступеня гідратації, що сприяє зростанню в'язкості сирної маси. Далі за підвищення температури плавлення від 55 до 85°С відбуваються одночасно фізико-хімічні процеси – декальцінування і пептизація білкових міцел сиру. Казеїнові міцели руйнуються до дрібніших структурних одиниць, завдяки чому збільшується поверхня білка і кількість гідрофільних груп, що контактують з водою, та відбувається подальша іммобілізація вільної води. Як результат, кількість зв'язаної води зростає, а вільної води зменшується.

Під час плавлення відбувається формування структури продукту, у якому дисперсійним середовищем є білковий золь, а дисперсною фазою – вода, жир, мінеральні речовини, що формують нову структуру плавленого сиру коагуляційного типу. Частка зв'язаної води у твердому сирі є істотно вищою, ніж у кисломолочному і наближається до готового плавленого сиру.

Вплив спільної дії солі-плавителя і структуроутворювача на процес плавлення білкової сировини. Передбачалося експериментально визначити оптимальні дози й оптимальне співвідношення МК і триполіфосфата натрію. Це дозволяє знизити кількість останнього і забезпечити ефективний процес плавлення сирної маси й високу якість готового продукту.



У досліджах варіювали дозу солі-плавителя (0,5-2,0%) та концентрацію модифікованого крохмалю (0,5-1,0%) і вивчали їхній вплив на процес плавлення білка, ефективність якого визначали за показниками ступеня декальцінування і пептизації. Результати подано на рис. 3 і 4.

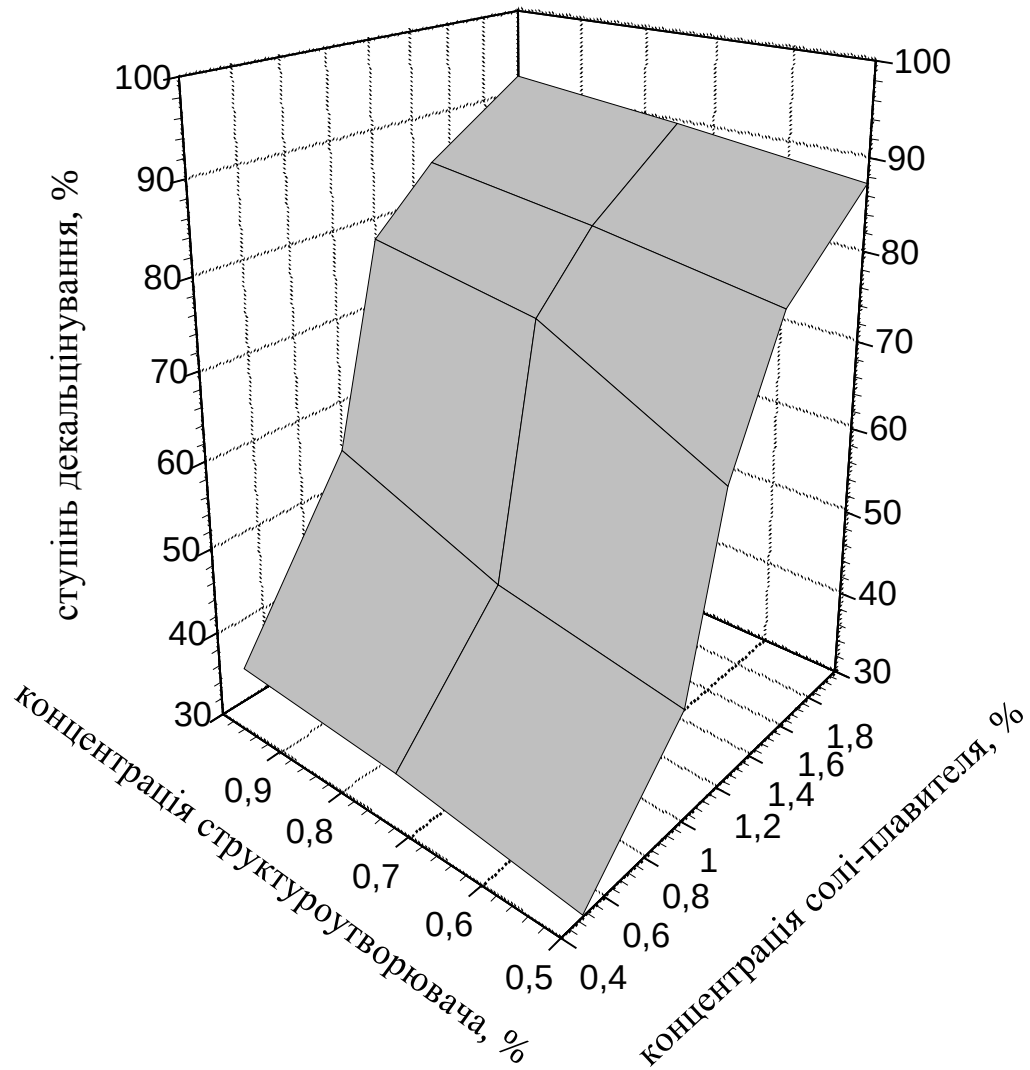


Рис. 3. Залежність ступеня декальцінування від концентрації солі-плавителя і структуроутворювача

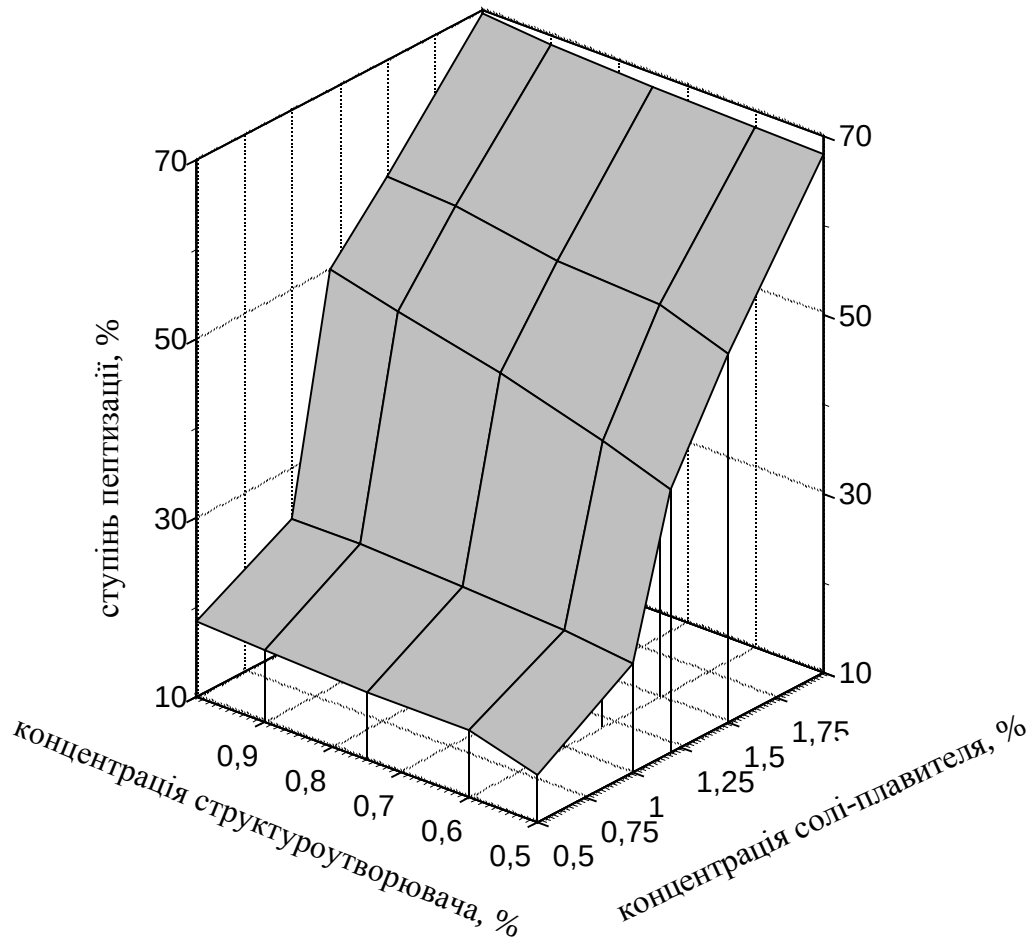


Рис.4. Залежність ступеня пептизації від концентрації солі-плавителя и структуроутворювача

Результати досліджень показали, що у варіанті з композицією сіль-плавитель – МК у співвідношенні 1,2:1,0 ступінь декальцінування в сирах, виготовлених на основі кисломолочного сиру, склала - 77,5%, а ступінь пептизації білка в сирах, виготовлених на основі твердого сиру склала - 50,6% . За зниження дози МК до 0,5-0,75% і збільшення дози солі-плавителя до 1,5% ці показники відповідно збільшуються до 81,7% і 54,5%.

Вироблені зразки з використанням оптимального співвідношення солі-плавителя і структуроутворювача (1,2-1,5:0,5-1,0) за органолептичними показниками характеризувалися ніжною, пластичною консистенцією, однорідною по всій масі, смак і запах помірно виражений сирний, колір тіста світло-жовтий.

Таким чином, можна констатувати, що пептизація білка на рівні 50-57% і декальцінування на рівні 75-85% є показниками, які забезпечують необхідну завершеність процесу плавлення білка і високу якість готового пастоподібного плавленого сиру, виробленого на основі кисломолочного сиру. При цьому співвідношення модифікований крохмаль : сіль-плавитель повинно бути обмеженим в діапазоні (0,5-1,0) : (1,2-1,5).

Отримані дані підтверджують також, що модифікований крохмаль бере участь у процесі пептизації білка і дозволяє знизити дозу триполіфосфата натрію з 1,5% до 1,2%.

На підставі експериментальних даних з використанням методу регресійної кореляції розроблено математичну модель, що пов'язує кількісні співвідношення концентрацій триполіфосфату натрію і МК із показниками, що відображають ефективність ступеня пептизації і декальцінування під час плавлення сиру. Математичні залежності подано нижче:

$$\text{ступінь декальцінування } Y_2 = 3,59 \cdot X_1^{0.266} \cdot X_2^{1.153} \quad (1)$$

$$\text{ступінь пептизації } Y_1 = 4,07 \cdot X_1^{0.197} \cdot X_2^{0.790} \quad (2)$$

де  $X_1$  – концентрація модифікованого крохмалю, %;  $X_2$  – концентрація солі-плавителя, %  
Диспергування жирової фази. Важливим показником якості плавленого сиру є ступінь дисперсності жирової фази. Цей показник було досліджено як у готовому продукті, так і в процесі нагрівання та механічної обробки.

Результати подано на рис. 5.

З підвищенням температури і тривалості механічної обробки зростає ступінь дисперсності жирової фази, про що свідчить різке зменшення розмірів жирових кульок. Через 5 хв оброблення середній діаметр жирових кульок складав 23,0 мкм, через 15 хв – 8,3 мкм, наприкінці процесу він знизився до 3,8 мкм, тобто наблизився до розмірів жирових кульок у молоці. Ці дані було підтверджено також електронно – мікроскопічними дослідженнями, у результаті яких було додатково визначено фракцію жирових кульок особливо малих розмірів: 0,3 – 1,5 мкм.

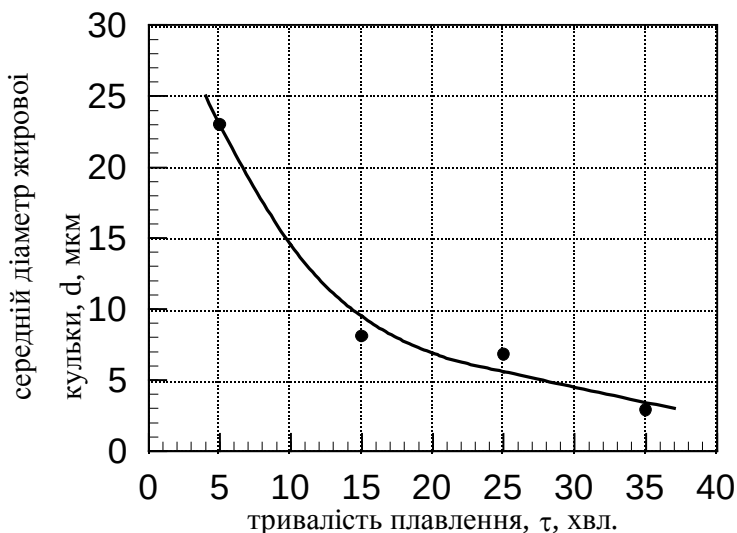


Рис.5 Залежність середнього діаметру жирових кульок від тривалості механічної обробки при плавленні

Значну роль у диспергуванні жирової фази відіграє водорозчинна фракція білків – пептидів, вміст яких зростає в процесі плавлення сирної маси. Пептиди виконують роль емульгатора жиру, беручи участь у формуванні оболонок жирових кульок, тим самим запобігаючи їхній коалесценції і забезпечуючи рівномірний розподіл жиру в масі казеїнового гелю. При цьому важливу роль у диспергуванні жиру відіграє інтенсивна механічна обробка, яка відбувається в роторно-вихровому пристрої емульгатора.

Мікроструктура плавленого сиру Методом електронної мікроскопії досліджено зміни просторової структури плавленого сиру різної жирності (40,50 і 60% у сухій речовині), а також зразків проміжного продукту, отриманих на різних стадіях плавлення білкової сировини (у діапазоні температур 40 – 85 °С).

Показано, що готовий плавлений сир, вироблений на основі кисломолочного сиру, має характерну просторову білково-жирову сітку з діаметром ячеек від 2 до 10 мкм (середній розмір 4 мкм). Білкові частки в даній структурі мають розміри від 50 до 300 нм (у середньому 120 нм), а жирова фаза представлена частинками із середнім діаметром близько 3 мкм, так і особливо дрібнодисперсною фракцією з розмірами від 0,3 до 1,5 мкм. Істотних відмінностей у структурі сиру різної жирності не виявлено.

Аналіз електронно-мікроскопічних знімків показав, що з підвищенням температури сирної маси в умовах інтенсивної механічної обробки відбувається поступовий перехід від грубодисперсного стану компонентів системи з доволі значними розмірами частинок і неоднорідною просторовою білково-жировою сіткою до гомогенної тонкодисперсної структури білково-жирового комплексу.

У процесі плавлення білкової сировини відбувається процес диспергування елементів просторових структур сітчастого білкового каркасу.

Реологічні властивості плавленого сиру. Як показали електронно-мікроскопічні дослідження, структура плавленого сиру представлена тривимірним сітчастим білковим каркасом, у стромі якого відносно рівномірно розподілені жир і вода. Білки обумовлюють міцнісні, пружні й еластичні властивості плавленого сиру, жир впливає на пластичність, а вода визначає стан в'язкості системи. Консистенція плавлених сирів залежить від кількості і співвідношення вищезгаданих компонентів. Для плавлених пастоподібних сирів, отриманих на основі сичугових сирів, величина співвідношення Жир/СЗМЗ – 0,7:1,56, Волога/СЗМЗ – 2,3:2,5. У роботі встановлено, що для плавлених сирів на основі кисломолочного сиру величини цих співвідношень відповідно складають 0,7:1,56 і 3,1:4,0.

Консистенція плавленого сиру визначається особливостями його структури й оцінюється сумою реологічних показників. Найбільша кореляція існує між органолептичною оцінкою консистенції і комплексним модулем зрушення.

За допомогою реогоніометра Вайсенберга було отримано частотні залежності комплексного модуля зрушення  $G^*$ , модуля пружності  $G^1$  і модуля втрат  $G^{11}$ , а також показники динамічної в'язкості (криві плину) пастоподібного плавленого сиру, виробленого на основі кисломолочного сиру, виробленого на основі твердого сиру і зразків продукту, вироблених на основі кисломолочного сиру в процесі його плавлення за різних температур. Значення реологічних показників за частоти деформування 1 Гц наведено в табл. 6.

Показано, що пастоподібні плавлені сири на основі кисломолочного сиру мають пружно-в'язкі властивості. При цьому пружність істотно переважає над в'язкістю, що підтверджує наявність у продукті досить міцної просторової структури. За частот деформування менше 4 Гц пастоподібний плавлений сир має форму пластично-в'язкого реологічного тіла, а в межах частот вище 4 Гц пластичні властивості його зростають. Руйнування структури продукту обумовлено насамперед руйнуванням зв'язків, що відповідають за в'язкісні властивості. Високий ступінь відновлення структури сиру після руйнування характеризує перевагу в ньому контактів коагуляційного типу між білковими частками. Пастоподібний плавлений сир,

вироблений на основі твердих сичугових сирів, істотно відрізняється за реологічними характеристиками від сиру, виготовленого на основі кисломолочного сиру.

Таблиця 6.

Структурно-реологічні показники плавлених сирів

| Плавлений сир                                          | Значення реологічних показників         |                              |                             |                           |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|                                                        | Комплексний модуль зрушення $G^*$ , кПа | Модуль пружності $G^1$ , кПа | Модуль втрат $G^{11}$ , кПа | Динамічна в'язкість, Па с |
| На основі кисломолочного сиру твердого сичугового сиру | 11,1                                    | 10,7                         | 3,1                         | 485,8                     |
|                                                        | 30,6                                    | 29,6                         | 7,9                         | 1262,2                    |
| Продукт в процесі плавлення при t °C                   |                                         |                              |                             |                           |
| 40                                                     | 16,5                                    | 15,8                         | 4,8                         | 770,3                     |
| 65                                                     | 9,7                                     | 9,4                          | 2,1                         | 335,3                     |
| 75                                                     | 8,7                                     | 8,4                          | 2,5                         | 392,7                     |

За частот менше 5 Гц плавлений сир на основі твердих сичугових сирів характеризується як псевдопластичне реологічне тіло, а за частот вище 5 Гц - як типове пластичне тіло і має більш високі показники усіх модулів ( за частоти 1 Гц). Руйнування структури таких плавлених сирів зумовлює зниження як пружних, так і в'язкісних показників; цей продукт характеризується високим ступенем відновлення структури, що підтверджує абсолютну перевагу в ній зв'язків коагуляційного типу. Результати показують, що формування структури продукту, виготовленого на основі кисломолочного сиру і твердого сичугового сиру, відбувається за рахунок компонентних зв'язків.

Таким чином, високоякісні пастоподібні плавлені сири, вироблені на основі кисломолочного сиру за підвищених співвідношень Волога/СЗМЗ (3,1-4,0), у порівнянні з традиційними, виготовленими на основі твердих сичугових сирів, мають специфічну структуру, яка характеризується високою пружністю і зниженими значеннями модулів зрушення, пружності і втрат. У процесі плавлення білкової сировини руйнується вихідна просторова структура сиру, знижуються значення всіх реологічних показників (табл. 7).

У готовому сирі формується нова, тонко дисперсна структура зі зниженими реологічними показниками.

Таблиця 7.

Реологічні характеристики плавлених сирів при руйнуванні

| Плавлений сир                             | Значення реологічних показників         |                              |                             |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                                           | Комплексний модуль зрушення $G^*$ , кПа | Модуль пружності $G^1$ , кПа | Модуль вграт $G^{11}$ , кПа |
| <b>На основі кисломолочного сиру</b>      |                                         |                              |                             |
| Неруйнована структура                     | 11,1                                    | 10,7                         | 3,1                         |
| Руйнована структура                       | 10,5                                    | 10,3                         | 2,1                         |
| <b>На основі твердого сичугового сиру</b> |                                         |                              |                             |
| Неруйнована структура                     | 30,6                                    | 29,6                         | 7,9                         |
| Руйнована структура                       | 17,4                                    | 16,7                         | 4,8                         |

Розроблення комбінованих жирових композицій. Метою підвищення харчової цінності плавлених сирів розроблено нові жирові композиції шляхом корегування жирнокислотного складу молочного жиру за принципом взаємного доповнення і збагачення його жирами рослинного походження.

Для розробки жирових композицій використовували: натуральну дезодоровану і рафіновану соняшникову олію; замінники молочного жиру (МЖ) закордонного виробництва Butao 50, Body Oil 03, Acoblend і вітчизняного виробництва Олмикс 100 і молочний жир. У складі жирових композицій передбачалося введення до 40% немолочних жирів.

Основними критеріями під час розроблення жирових композицій служили показники жирнокислотного складу: співвідношення поліненасичених жирних кислот (ПЖК) до насичених жирних кислот (НЖК) і вміст у таких кристалічній фази. На основі використання перерахованих вище жирів створено ряд жирових композицій, серед яких для практичного використання рекомендовані дві, що відповідають вимогам поставленої задачі.

Композиція № 1 включає: молочний жир 60%, соняшникову олію 10%, замінник молочного жиру Butao 50- 30%;

Композиція № 2 включає: молочний жир 60%, соняшникову олію 10%, замінник молочного жиру Олмикс 100 – 30%.

Обидві композиції збалансовано за жирнокислотним складом і співвідношенням вмісту ПЖК до НЖК, що складає 0,27-0,34. Це забезпечує оптимальне наближення до показника, рекомендованого наукою про харчування, який складає 0,3-0,4. За вмістом кристалічної фази в межах температур 18-30°C композиції також близькі до молочного жиру. При нижчих температурах (0-15 ° C) вміст кристалічної фази в них нижчий, ніж у молочному жирі, на 5-7%, що підвищує пластичність продукту за цих умов.

Дослідження зразків плавлених сирів показало можливість використання в рецептурах комбінованої жирової фази у співвідношенні молочний жир 60% і немолочний жир 40%. Залучення до рецептури такої жирової композиції не мало істотного впливу на якісні показники готового продукту, а показники жирнокислотного складу істотно підвищили його харчову цінність. Експериментально також показано можливість використання в складі жирів

вих композицій у виробництві пастоподібних плавлених сирів на основі сирної сировини заміни молочного жиру вітчизняного виробництва Олмикс –100.

Термін придатності до вживання плавленого сиру Плавлений пастоподібний сир, вироблений за опрацьованими технологічними режимами і розфасований у стаканчики з полістиролу місткістю 100 г, закладали на зберігання в побутовий холодильник за температури 0 плюс 4 °С і досліджували через 10, 20, 30 діб за органолептичними, фізико-хімічними і мікробіологічними показниками.

Органолептична оцінка свіжих зразків пастоподібного плавленого сиру характеризувалася помірно вираженим смаком і запахом кисломолочного сиру. Консистенція у всіх зразках була ніжною, однорідною, пастоподібною. У процесі зберігання через 10,20,30 діб оцінювали органолептичні, мікробіологічні й основні фізико-хімічні показники. За органолептичними показниками сири протягом усього терміну зберігання (30 діб) відповідали вимогам технічних умов ТУ У 46.39 ГО 305-2000.

За дослідженнями мікробіологічних показників визначено, що бактерії групи кишкової палички (БГКП) і плісняви в 1г продукту були відсутні протягом усього терміну зберігання. Отримані результати досліджень мікробіологічних показників використано під час розробки нормативної документації на пастоподібний плавлений сир (ТУ У 46.39 ГО 305-2000).

Впровадження технології. Виробництво пастоподібних плавлених сирів здійснюється на традиційному устаткуванні марки В2-ОПН, Б6-ОПЕ, а також на роторно-вихрових емульгаторах марки Я5-ОСВ.

Розроблено технологію виробництва пастоподібного плавленого сиру 40 – 60% жирності в сухій речовині, ТУ У 46.39 ГО 305-2000. Технологію впроваджено на підприємствах молочної промисловості України (Лубенський ММЗ, Чернігівський ММЗ, Дніпрорудненський СК). Нові рецептури передбачають використання як білкової сировини - твердого сиру, спеціальних сирів для плавлення, а також повну заміну твердих сирів сиром кисломолочним різної жирності. Технологія дозволяє знизити вартість білкової сировини для виробництва плавленого сиру й одержати економічний ефект у середньому 300 грн/т.

## ВИСНОВКИ

1. У дисертації наведене теоретичне обґрунтування і нове вирішення наукового завдання, що виявляється в можливості виробництва пастоподібних плавлених сирів високої якості на основі кисломолочного сиру. Шляхом застосування комплексу сучасних фізико-хімічних методів дослідження, отриманий комплекс параметрів процесу плавлення, які дають змогу створити нову технологію плавлених сирів.

2. На підставі процесів плавлення білка показано, що ступінь декальцінування казеїну на рівні 75-85% і ступінь пептизації на рівні 50-57% забезпечують необхідний ступінь завершеності процесу плавлення білка й одержання пастоподібних сирів високої якості.

3. Установлено, що структуроутворююча добавка у вигляді модифікованого крохмалю бере участь у процесах плавлення білка, підвищуючи ступінь декальцінування та пептизації на 7-8%, що дозволяє знизити витрату солі-плавителя на 20%.

4. Обґрунтовано застосування як солі-плавителя триполіфосфата натрію; визначено оптимальні кількісні співвідношення модифікований крохмаль : триполіфосфат натрію (0,5-1,0) : (1,2-1,5), що забезпечує ефективність процесу плавлення білка і високу якість сиру.

5. Показано, що пептизація казеїну в процесі плавлення зумовлює підвищення кількості зв'язаної води в готовому сирі на 25%, формування просторової білково-жирової структурної сітки із середнім діаметром осередків 4 мкм.

6. Структура такого сиру характеризується в'язко-пластичними властивостями з високою пружністю і зниженими значеннями модулів зрушення і пружності, характерними для високоякісного сиру з підвищеними співвідношеннями Волога/СЗМЗ на рівні 3,1-4,0.

7. На основі молочного і рослинного жирів розроблено жирові композиції для пастоподібних плавлених сирів, збалансовані за жирнокислотним складом і за ступенем тверднення близькі до молочного жиру.

8. Показано високу ефективність обробки сирної маси в роторно-вихрових пристроях (установках Я5-ОЄВ), що забезпечує зниження енергетичних витрат у порівнянні з традиційними способами обробки (апарати В2-ОПН, Б6-ОПЕ, «Штефан») у 1,5 рази і високий ступінь емульгування жирової фази (розмір жирових крапель 3 мкм).

9. Розроблено технологію пастоподібного плавленого сиру з вмістом жиру від 40 до 60% і затверджено нормативно-технічну документацію ТУ У 46.39 ГО 305-2000 на "Сир плавлений пастоподібний".

10. Технологію впроваджено на діючих підприємствах України (Чернігівський молокозавод, Лубенський молокозавод, Дніпрорудненський сироробний завод).

11. Економічний ефект при виробленні 1 тонни плавленого сиру складає 300 грн.

## **ПЕРЕЛІК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Єресько Г.О., Гуляєв-Зайцев С.С., Бовкун А.О. Фізико-хімічні процеси виробництва пастоподібних плавлених сирів на основі кисломолочного сиру //Вісник аграрної науки. - 2001.-№9.- С.62-64.

Особистий внесок полягає в плануванні експерименту, проведенні експериментальних досліджень.

2. Бовкун А.О., Гуляєв-Зайцев С.С. Розробка технології виробництва пастоподібного плавленого сиру на роторно-вихровому емульгаторі //Наукові праці Українського державного університету харчових технологій.-2001.- Ч.2, №10.- С. 45-46.

Особистий внесок полягає в проведенні експериментальних досліджень, розробці технологічних режимів.



3. Єресько Г.О., Гуляєв-Зайцев С.С., Кимачинський С. І., Бовкун А.О. Розроблено технологію, затверджено документацію на виробництво пастоподібного плавленого сиру // Харчова і переробна промисловість. - 2002. - №8. - С. 18.

Особистий внесок полягає в участі в проведенні експериментальних досліджень та розробці документації.

4. Бовкун А.О. Дослідження процесу плавлення білкової сировини при виробництві плавлених сирів // Харчова і переробна промисловість - 2002 - №9.-С.22-23.

5. Бовкун А.О. Дослідження структурно-реологічних характеристик пастоподібного плавленого сиру // Вісник аграрної науки.-2002.-№4.- С.81-82.

6. Гуляєв-Зайцев С.С., Бовкун А.А., Атаманенко И.Д. Форми зв'язи води в пастообразном плавленом сыре // Молочна промисловість. – 2003. - №2(5). - С.32-33.

Особистий внесок полягає в плануванні експерименту, узагальненні та обробці результатів, підготовці матеріалів.

7. Пат.48881 А Україна, МКИ А 23С 19/08 Спосіб виробництва пастоподібного плавленого сиру / Бовкун А.О., Колеснікова С.С., - Опубл. 15.08.2002., Бюл.№8.

8. Бовкун А.О. Диспергування жирової фази в процесі виробництва плавленого сиру // Матеріали конф. “67-а наук. конференція студентів, аспірантів і молодих вчених”.-Ч.2 – К.: УДУХТ.-2001. - С.34-35.

9. Бовкун А.О. Використання комбінованої жирової фази у виробництві плавленого сиру // Матеріали конф. “69 –а наук. конференція студентів, аспірантів і молочних вчених “.-Ч.2 –К.: НУХТ. -2003. - С. 39.

10. Бовкун А.О., Гуляєв-Зайцев С.С. Технологія виробництва пастоподібного плавленого сиру // М'ясо та молоко - інформ. повідомлення.- К.: ТІММ.- 2001. -№ 5.- С.2-3.

Особистий внесок полягає в проведенні експериментальних досліджень, розробці технології.

## АНОТАЦІЯ

Бовкун А.О. Дослідження фізико-хімічних процесів плавлення і розробка технології пастоподібних плавлених сирів з використанням кисломолочного сиру. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04. – технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2004.

Дисертаційну роботу присвячено науковому обґрунтуванню фізико-хімічних процесів плавлення та розробленню технології пастоподібних плавлених сирів з використанням кисломолочного сиру. Показана можливість заміни в рецептурах сичугових і спеціальних сирів на більш дешеву білкову сировину - кисломолочний сир. Досліджено структурні перетворення під час плавлення білкової сировини в плавлений сир за ступенями декальцинування та пептизації, ступенем дисперсності жирової та білкової фаз, зміненню форм вологи, а також реологічними показниками. Показано, що високий рівень ступеня декальцинування та

пептизації плавлених сирів, виготовлених на основі кисломолочного сиру, забезпечує одержання пастоподібних сирів високої якості. Визначено роль структуроутворювача у процесі плавлення білку, що дозволило змогу знизити концентрацію солі-плавителя. Встановлено оптимальне кількісне співвідношення сіль-плавитель: модифікований крохмаль, необхідне для завершення процесу плавлення. Розроблено технологію пастоподібного плавленого сиру; новизна якої підтверджена Деклараційним патентом України на винахід. Технологія впроваджена на діючих молочних підприємствах.

**Ключові слова:** кисломолочний сир, плавлений сир сичугові сири, структуроутворювач, сіль-плавитель, декальцінування, пептизація, диспергування, зв'язана волога, технологія.

## АННОТАЦІЯ

Бовкун А.А. Исследование физико-химических процессов плавления и разработка технологии пастообразных плавленых сыров с использованием творога. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04. – технология мясных, молочных и рыбных продуктов. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2004.

Диссертация посвящена научному обоснованию физико-химических процессов плавления и разработке технологии пастообразного плавленого сыра с использованием творога.

В работе показана возможность замены твердых сычужных и специальных сыров для плавления творогом. Исследованы физико-химические процессы плавления творожного сыря по глубине распада белка, степени дисперсности жировой и белковой фаз, изменению форм влаги, реологическим показателям.

Показано, что степень декальцинирования плавленых сыров с использованием творога на уровне 75-85% и степень пептизации на уровне 50-57% обеспечивают получение пастообразных сыров высокого качества.

Определено участие структурообразующей добавки в процессах плавления белка и стабилизации структуры при формировании пастообразного плавленого сыра, что позволяет снизить концентрацию соли-плавителя на 20%.

Обосновано применение в качестве соли-плавителя триполифосфата натрия, определены оптимальные количественные соотношения модифицированный крахмал : триполифосфат натрия (0,5:1,5) – (1,0:1,2), обеспечивающие эффективность процесса плавления белка и высокое качество сыра.

Показано, что пептизация казеина в процессе плавления при применении обуславливает повышение количества связанной воды в готовом продукте на 25% и формирование пространственной белково-жировой структурной сетки со средним диаметром ячеек 4 мкм.

Установлены базовые соотношения Влага/Сомо = 3,1-4,0 и Жир/Сомо = 0,7-1,56 для пастообразных сыров на основе творога, обеспечивающие оптимальные реологические показатели, необходимые для расчета рецептур.

Изучены физико-химические, микробиологические показатели плавленых сыров и их хранимоспособность.

Разработана технология пастообразного плавленого сыра с содержанием жира от 40 до 60% и утверждена нормативно-техническая документация ТУ У 46.39 ГО 305-2000 на «Сыр плавленый пастообразный». Технология подтверждена Декларационным патентом на изобретение. Технология внедрена на действующих предприятиях Украины.

**Ключевые слова:** творог, плавленый сыр, сычужные сыры, структурообразователь, соль-плавитель, декальцинирование, пептизация, диспергирование, связанная влага, технология.

## ANNOTATION

Bovkun A. A. Research of physical and chemical processes of melting and development of technology paste-like processed cheeses with use of cottage cheese. -The manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical science on a speciality 05.18.04 (technology of meat, dairy, and fish products). An institute of technology of milk and meat of the Ukrainian Academy of agrarian sciences, Kiev, 2004.

The dissertation work is devoted to a scientific substantiation of physical and chemical processes of melting and development of technology of paste-like processed cheeses with use of cottage cheese.

The possibility of replacement of rennet and special cheeses by cheaper protein raw material – cottage cheese or curd in receipts was shown. The structural transformations in process of melting of protein raw material into processed cheeses are investigated (on depth of protein decay, dispersibility degree of fat and protein phases, change of moisture forms and rheological parameters). The high level of decalcification and peptization of processed cheeses on the basis of cottage cheese is shown, that provides the obtaining of high-quality paste-like cheeses. The optimum quantitative ratio salt-melter : modified starch is determined, that is necessary for melting process completeness. Participation of a structure-forming agent in protein melting processes is established, that provides a possibility to reduce the concentration of salt-melter.

The technology of paste-like processed cheese is developed. The technology is introduced into manufacture. The novelty of the developed technology is confirmed by the declaration patent of Ukraine for the invention.

**Key words:** cottage cheese, processed cheese, firm rennet cheeses, modified starch, salt - melter, melting process, degree of decalcification, peptization, dispersibility, bound moisture, technology.