

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вплив молокозгортальних препаратів на в'язкість казеїнових розчинів

Виконав: студент VI курсу, групи МЛІм-61

спеціальності 181 «Харчові технології»

	(шифр і назва спеціальності)	
		Сікора В.М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Юкало В.Г.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Кухтин М.Д.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра харчової біотехнології і хімії

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістра

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 181 «Харчові технології»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Сікорі Володимир Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив молокозгортальних препаратів на в'язкість
казеїнових розчинів

Керівник роботи Юкало Володимир Глібович, д.біол.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «_» _ 2025 року

2. Термін подання студенткою завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд літератури. Будова і властивості казеїну. Білкові субодиниці казеїну. Будова казеїнових міцел. Шляхи регуляції в'язкості казеїнових розчинів. Матеріал і методи досліджень. Результати власних досліджень та їх обговорення. Склад білкових фракцій у концентрованих розчинах харчового казеїну. Зміна в'язкості 12 і 18 % казеїнових розчинів за дії молокозгортального препарату мікробіологічного походження (МППМ). Перетворення казеїнових фракцій в процесі зміни в'язкості казеїнових розчинів.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Охорона праці. Планування робіт щодо охорони праці. Контроль за станом охорони праці. Оцінка травмонебезпеки технологічного Процесу. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Поведінкові реакції населення у надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань..

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Огляд літератури	д.біол.н. Юкало В.Г.		
Матеріал і методи досліджень	д.біол.н. Юкало В.Г.		
Результати власних досліджень та їх обговорення	д.біол.н. Юкало В.Г.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.			

7. Дата видачі завдання 17 . 11 .2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	17.11.2025	
2	Огляд літератури	17.11.-21.11.2025	
	Будова і властивості казеїну	17.11.-18.11.2025	
	Шляхи регуляції в'язкості казеїнових розчинів	21.11.2025	
3	Матеріал і методи досліджень	25.11-28.11.2025	
4	Результати власних досліджень та їх обговорення	29.11-6.12.2025	
	Склад білкових фракцій у концентрованих розчинах харчового казеїну	29.11-2.12.2025	
	Зміна в'язкості 12 і 18 % казеїнових розчинів за дії молокозгортального препарату мікробіологічного походження (МПМП)	2.12-5.12.2025	
	Перетворення казеїнових фракцій в процесі зміни в'язкості казеїнових розчинів	6.12-8.12.2025	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	9.12-12.12.2025	
	Охорона праці	9.12-10.12.2025	
	Безпека в надзвичайних ситуаціях	15.12-14.12.2025	
6	Оформлення анотації, загальних висновків та списку використаних літературних джерел	18.12.2025	
7	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Подача роботи для перевірки на плагіат.	20.12.2025	
8	Подання кваліфікаційної роботи до захисту	21.12.2025	

Студент

(підпис)

Сікора В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Юкало В.Г.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена питанням регуляції, а саме зниженню в'язкості концентрованих казеїнових розчинів, які використовуються в харчових технологіях. У першому розділі проведено огляд літератури, який стосується теми кваліфікаційної роботи. Насамперед, розглянуті сучасні питання будови і властивості казеїну. Важливим для розуміння регуляції в'язкості є також моделі казеїнових міцел, оскільки до теперішнього часу не існує єдиної думки про їх структуру. Представлені дані про сім моделей казеїнових міцел. Для пояснення механізму зміни в'язкості вибрана одна з найбільш обґрунтованих моделей – це субміцелярна модель. Також розглянуті відомі на тепер способи зниження в'язкості.

В результатах досліджень проведено аналіз складу фракцій казеїну до зміни в'язкості. Проведено дослідження впливу молокозгортального ферменту мікробіологічного походження на в'язкість 12-ти і 18-ти % розчинів казеїну. Встановлено оптимальне значення рН для досягнення мінімуму в'язкості. Для пояснення механізму зміни в'язкості казеїнових розчинів були проведені електрофоретичні і хроматографічні дослідження на рівні казеїнових субодиниць і казеїнових міцел за допомогою гель-фільтрації на сефадексах і електрофорезу в поліакриламідному гелі. Доведено, що мінімум в'язкості казеїнових розчинів досягається при розпаді α -казеїну. Гель-фільтрацією на сефорозі 2В встановлено, що зменшується величина казеїнових міцел в точці мінімальної в'язкості казеїнового розчину. Очевидно, що зниження в'язкості пов'язано з дезагрегацією міцел казеїну завдяки розщеплення α -казеїнів, які знаходяться на поверхні і приймають участь в утворенні міжсубміцелярних зв'язків.

У 4 розділі розглянуті питання, що стосуються охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: казеїнові розчини, в'язкість, молокозгортальний препарат, гель-фільтрація, електрофорез.

ЗМІСТ

Анотація	3
Вступ	5
1. Огляд літератури.....	7
1.1 Будова і властивості казеїну.....	7
1.1.1 Білкові субодиниці казеїну.....	7
1.1.2 Будова казеїнових міцел.....	14
1.2 Шляхи регуляції в'язкості казеїнових розчинів.....	22
2. Матеріал і методи досліджень.....	26
3. Результати власних досліджень та їх обговорення.....	29
3.1 Склад білкових фракцій у концентрованих розчинах харчового казеїну..	29
3.2 Зміна в'язкості 12 і 18% казеїнових розчинів за дії молокозгортального препарату мікробіологічного походження (МПМП).....	31
3.3 Перетворення казеїнових фракцій в процесі зміни в'язкості казеїнових розчинів.....	41
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	49
4.1 Охорона праці.....	49
4.1.1 Планування робіт щодо охорони праці.....	49
4.1.2 Контроль за станом охорони праці.....	50
4.1.3 Оцінка травмонебезпеки технологічного процесу.....	52
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	55
4.2.1 Поведінкові реакції населення у надзвичайних ситуаціях.....	55
Висновок.....	60
Перелік посилань.....	61
Додатки.....	66

ВСТУП

Актуальність теми. Використання цінного молочного білка казеїну часто ускладнюється через високу в'язкість його розчинів. Тому дослідження пов'язані з регуляцією, а саме пониженням в'язкості казеїнових розчинів мають важливе практичне, а також наукове значення.

Мета і завдання дослідження:

Метою роботи є визначення впливу молокозгортального препарату мікробіологічного походження (МПП) на в'язкість казеїнових розчинів.

Для вирішення поставленої мети сформовані наступні завдання:

- охарактеризувати фракційний склад білків в казеїнових розчинах
- визначити вплив МПП на в'язкість 12% і 18%-го розчинів казеїну
- встановити причини зміни в'язкості казеїнових розчинів на рівні білкових фракцій казеїну.

Об'єкт дослідження - виступають властивості концентрованих казеїнових розчинів.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є регуляція казеїнових розчинів за допомогою молокозгортального препарату.

Методи дослідження. У роботі використано методи визначення в'язкості казеїнових розчинів концентрацію білків визначали за методом Лоурі і спектофотометричним методом. Фракційний склад білків казеїну досліджували методом електрофорезу в поліакриламідному гелі і гель-фільтрацією на сефадексах. Зміни в структурі і розмірах казеїнових міцел досліджували на сефарозі 2В.

Наукова новизна одержаних результатів. Автором вперше проведено дослідження впливу молокозгортального препарату на в'язкість 12-ти і 18-ти % розчинів казеїну. Обґрунтовано запропонований механізм зниження в'язкості цих розчинів.

Практичне значення результатів. Отримані результати можуть бути застосовані для використання концентрованих розчинів в харчових системах.

Особистий внесок. Особистий внесок полягає у написанні огляду літературних джерел, їх систематизації, участі у дослідженнях, аналізів отриманих результатів і написанні висновків.

Публікації. Опубліковані тези доповіді на VIII міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (додаток А).

Структура роботи. Магістерська робота складається з анотації, вступу, чотирьох основних розділів (науково-дослідна частина, матеріал і методи досліджень, результати власних досліджень та їх обговорення, розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях), висновків, переліку посилань і додатків. Загальний обсяг роботи становить 68 сторінок тексту та містить 47 найменувань літературних джерел.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Будова і властивості казеїну

1.1.1 Білкові субодиниці казеїну

Одною із важливих причин прогресу еволюції широкого розширення ссавців є наявність в них добре збалансованої їжі для вигодовування молодих осіб – молоко. Молоко містить всі необхідні компоненти для розвитку організму: білки, вуглеводи, жири, вітаміни та мінеральні речовини. Двома головними фракціями молочних білків є казеїни і сироваткові білки. Казеїни складають 78-85% від інших білків молока [9].

Казеїни – це комплекс декількох фракцій, представлені білками з різною первинною структурою. Характерна властивість казеїну в розчинах (молоко, кислотні і лужні розчини) визначається структурою і співвідношенням його фракцій.

Ще в 1929 році Ліндестром-Ланг, а потім Міленде продемонстрували гетерогенність коров'ячого казеїну. Були ідентифіковані електрофоретичні три фракції: α -, β - і γ -казеїни. В 1956 році Вог і Хіппель розділили α -казеїни на дві фракції α_S - та α_2 -казеїни.

За сучасним визначенням казеїни – це фосфопротейди, які осаджуються із сирого знежиреного молока при підкисленні його до рН 4,6 при 20 °С. Осаджені таким чином білки можна розділити за допомогою електрофорезу в гелі (крохмаль, поліакриламід) в присутності сечовини на α_S -казеїни, β -казеїни, α_2 -казеїни і γ -казеїни – відповідно їх рухомості [27]. Крім того, кожний із вказаних казеїнів представлений не одним білком, а цілим сімейством подібних за первинною структурою поліпептидів. В кожному такому сімействі є головний представник і декілька мінорних компонентів.

Для кожного головного компоненту відомо декілька генетичних варіантів, що не дуже відрізняються за первинною структурою. Допускається, що генетичні варіанти казеїнів являються результатом мутацій в генах, що кодують синтез поліпептидів казеїну [21].

Головний білок казеїнового комплексу α_{S1} -казеїн представляє собою простий поліпептид з відомою первинною структурою (рисунок 1) із 199 амінокислотних залишків і молекулярною масою 23600. Деякі характеристики α_S -, β -, κ - і γ -казеїнів показано в таблиці 1 [19]. Відомо чотири генетичних варіанти α_{S1} -казеїну: А, В, С, і Д [36]. Найбільш часто зустрічається В варіант α_{S1} -казеїн.

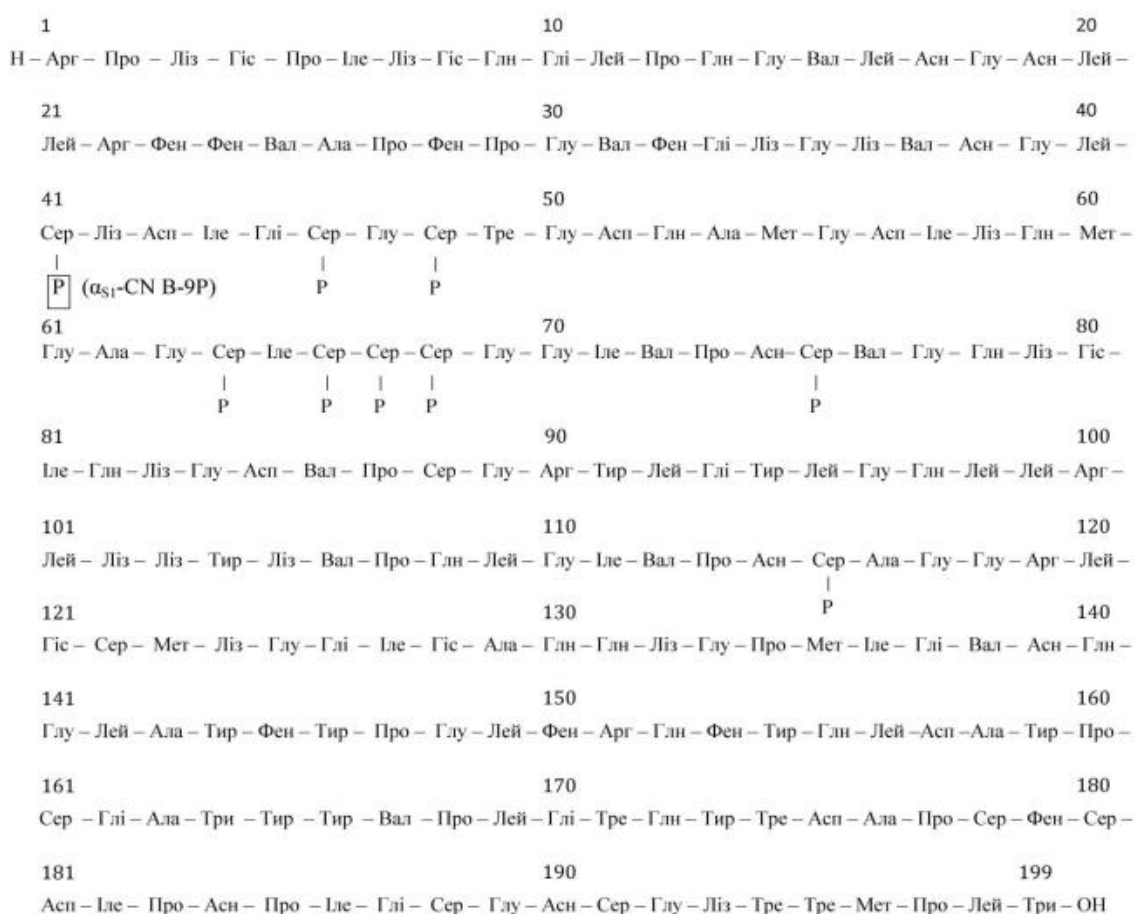


Рисунок 1 – Первинна структура для α_{S1} -казеїну (Р- залишок ортоосфотної кислоти).

Більшість мінорних компонентів α_{S1} -казеїну володіють меншою електрофоретичною рухомістю при розділенні їх в поліакриламідному гелі в присутності сечовини при густині рН і розміщені в порядку зниження рухомості наступним чином: α_{S0} -, α_{S1} -, α_{S2} -, α_{S3} -, α_{S4} -, α_{S5} - та α_{S6} -казеїн. Природа мінорних

компонентів ще до кінця не встановлена. Проте, є дані про те, що амінокислотна послідовність у α_{S2} -, α_{S3} -, α_{S4} - α_{S6} -казеїнів ідентична і вони відрізняються тільки вмістом фосфатних груп [20]. α_{S0} -казеїн має таку ж амінокислотну послідовність як α_{S1} -казеїн, але включає на один залишок фосфату більше, ніж α_{S1} -казеїн і тому має більшу електрофоретичну рухомість. α_{S5} -казеїн представляє собою агрегат α_{S3} - та α_{S4} -казеїнів, зв'язаних між собою дисульфідними містками.

Молекула α_{S1} -казеїну містить вісім залишків фосфорної кислоти, сім з яких розміщені між 43-м і 80-м амінокислотним залишком. Цей сильно кислий фрагмент включає такі 12 карбоксильних груп і надає всій молекулі загальний негативний заряд.

Таблиця 1.1 – Характеристика субодиниць казеїнового комплексу

Білок казеїнового комплексу	Вміст в % від всіх білків молока	Ізоелектрична точка	Молекулярна маса	Генетичні варіанти
α_S -казеїн	45-55	α_{S1} -A 5,15 α_{S1} -B 4, 32-5, 16 α_{S1} -C 0,5, 16-5, 35	α_{S1} -A 22068 α_{S1} -B 23613 α_{S1} -C 23541 α_{S1} -Д 23723	α_{S1} -A, α_{S1} -Д α_{S1} -B, α_{S1} -C
α_2 -казеїн	8-15	5,37	α_2 -A 19037 α_2 -B 19005	α_2 -A і α_2 -B
β -казеїн	25-35	β - A ¹ - 5, 35 β - A ² - 5, 35 β - A ³ -5, 20 β - B-5, 53 β - C-5, 85	β - A ¹ 24020 β - A ² 23980 β - A ³ 23971 β - B 24089 β - C 23939 β - E23979	β - A ¹ , β - A ² , β - A ³ , β - B, β - B1, β - Д, β - E, β - C
γ -казеїн	3-7	5,8-6,0		
γ_1 -казеїн			γ_1 A 20560 γ_1 A ² 20520 γ_1 A ³ 20511 γ_1 B 20629	γ_1 -A, γ_1 -A, γ_1 -A ³ , γ_1 -B
γ_2 -казеїн			γ_2 A ² 11321 γ_2 A ³ 11312 γ_2 B 11890	γ_2 -A ² , γ_2 -A ³ , γ_2 -B
γ_3 -казеїн			γ_3 A 11556 γ_3 B 11625	γ_3 -A, γ_3 -B

В роботах Мерці, Блумфілда і Міда приводяться дані по розподіленні заряду, загального заряду та гідрофобності різних фрагментів молекули α_{S1} -казеїну. Показано не відповідність піків гідрофобності і частоти зарядів на поліпептидному ланцюгу. Для α_{S1} -казеїну характерно високий вміст проліну. Пролін, як відомо, перешкоджає утворенню α – структури в поліпептидному ланцюгу. У зв'язку з тим молекула α_{S1} -казеїну має слабо виражену α - структуру [29]. Більша ступінь гідрофобності характерна для С-кінцевої ділянки (залишки від 100 до 199). На думку деяких авторів саме та ділянка відповідає за схильність α_{S1} -казеїнових мономерів до самоасоціації у водних розчинах.

Другим білком казеїнового комплексу є β -казеїн. Спосіб отримання β -казеїну засновується на різній розчинності α_S -, β -, α_2 - та γ -казеїнів в 50%-му спирті та концентрованих розчинах сечовини. β -казеїн являє собою одноланцюговий поліпептид (209 амінокислот) з п'ятьма фосфосериновими залишками [26]. Для β -казеїну характерна найбільша кількість генетичних варіантів (таблиця 1.1). Всі генетичні варіанти β -казеїну добре визначаються при комбінації двох видів електрофоретичного аналізу лужному та кислому середовищі.

1	10	20
Н – Арг – Глу – Лей – Глу – Глу – Лей – Асп – Вал – Про – Глі – Глу – Іле – Вал – Глу – Сер – Лей – Сер – Сер – Сер – Глу		
		Р Р Р Р
21	30	40
Глу – Сер – Іле – Тре – Арг – Іле – Асп – Ліз – Ліз – Іле – Глу – Ліз – Фен – Глн – Сер – Глу – Глу – Глн – Глн – Глн –		
		Р
41	50	60
Тре – Глу – Асп – Глу – Лей – Глн – Асп – Ліз – Іле – Гіс – Про – Фен – Ала – Глн – Тре – Глн – Сер – Лей – Вал – Тир –		
61	70	80
Про – Фен – Про – Глі – Про – Іле – Про – Асп – Сер – Лей – Про – Глн – Асп – Іле – Про – Про – Лей – Тре – Глн – Тре –		
81	90	100
Про – Вал – Вал – Вал – Про – Про – Фен – Лей – Глн – Про – Глу – Вал – Мет – Глі – Вал – Сер – Ліз – Вал – Ліз – Глу –		
101	110	120
Ала – Мет – Ала – Про – Ліз – Гіс – Ліз – Глу – Мет – Про – Фен – Про – Ліз – Тир – Про – Вал – Глу – Про – Фен – Тре –		
121	130	140
Глу – Сер – Глн – Сер – Лей – Тре – Лей – Тре – Асп – Вал – Глу – Асп – Лей – Гіс – Лей – Про – Лей – Про – Лей – Лей –		
141	150	160
Глн – Сер – Три – Мет – Гіс – Глн – Про – Гіс – Глн – Про – Лей – Про – Про – Тре – Вал – Мет – Фен – Про – Про – Глн –		
161	170	180
Сер – Вал – Лей – Сер – Лей – Сер – Глн – Сер – Ліз – Вал – Лей – Про – Вал – Про – Глн – Ліз – Ала – Вал – Про – Тир –		
181	190	200
Про – Глн – Арг – Асп – Мет – Про – Іле – Глн – Ала – Фен – Лей – Лей – Тир – Глн – Глу – Про – Вал – Лей – Глі – Про –		
201	207	
Вал – Арг – Глі – Про – Фен – Про – Іле – Іле – Вал – ОН		

Рисунок 2 – Первинна структура β -казеїну, де Р залишок ортофосфатної кислоти.

Первинна структура β -казеїну розшифрована повністю. Схоже до α_{S1} -казеїну молекула β -казеїну містить велику кількість проліну і має слабо виражену α -структуру [18]. N-кінцева ділянка молекули β -казеїну (залишки 1-43) несе більшу частину загального негативного заряду поліпептиду, в той час С-кінцева ділянка (залишки 136-209) містить багато неполярних амінокислот. Дифильна природа у молекули β -казеїну ще більше виражена, ніж у α_{S1} -казеїну і призводить до самоасоціації його в розчинах.

Окрему групу білків в казеїновому комплексі складають γ -казеїни. За довжиною поліпептидного ланцюга розрізняють три γ -казеїни – γ_1 -, γ_2 - і γ_3 -казеїни. Показаний структурний зв'язок між всіма γ -казеїнами і β -казеїном. Методами амінокислотного аналізу, визначенням молекулярної маси, дослідженням пептидних карт та первинної структури показано, що γ -казеїни представляють

собою фрагменти β -казеїну [27]. γ_1 -казеїн ідентичний ділянці β -казеїну від 29 до 209-го залишку, γ_2 - від 106-го до 209-го і γ_3 - від 108-го до 209-го амінокислотного залишку.

Помітно відрізняється від інших представників казеїнового комплексу за своєю структурою і властивостями α -казеїн (рисунок 3).

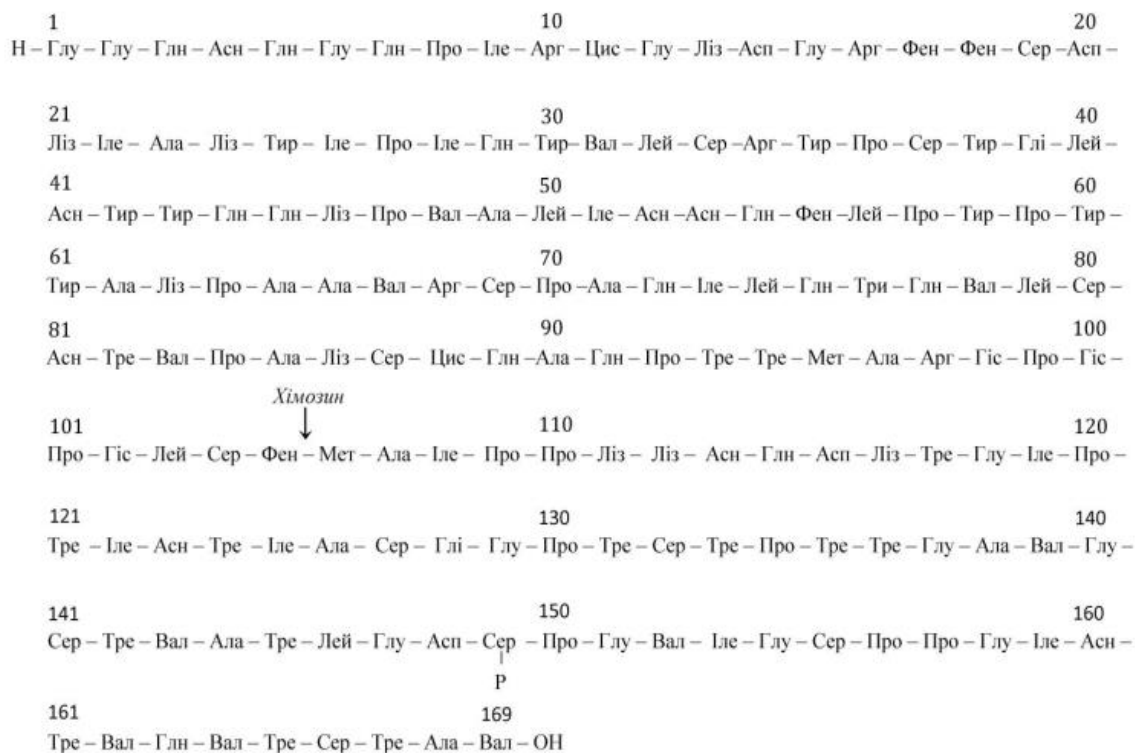


Рисунок 3 – Первинна структура для κ -CN A-1P, де P- залишок ортофосфатної кислоти.

Це головний глікопротеїд молока. У водних розчинах він існує у вигляді полімерів із декількох молекул, зв'язаних між собою дисульфідними містками [25]. В той час деякі автори вважають, що в складі міцели в молоці α -казеїн знаходиться в мономерному стані. Відомо всього два генетичних варіанти α -казеїну – А і В. Під час електрофоретичного розділення кожного з цих варіантів в лужній системі і в присутності β -меркаптоетанолу виходить декілька зон з рухомістю менше, ніж у β -казеїну. Ці фракції α -казеїну відрізняються між собою кількістю полісахаридних груп (від 0 до 5). Причому електрофоретична рухомість зростає із збільшенням вуглеводної частини [31].

Завдяки зусиллям декількох груп вчених була встановлена структура κ -казеїну [30]. κ -казеїн складається з 169 амінокислот і має молекулярну масу – 19037 (А варіант) і 19005 (В варіант). Для цього виду казеїну характерна малі кількість залишків фосфорної кислоти, на відміну від інших казеїнів, - всього один. До цього часу остаточно не встановлена структура вуглеводної частини. Запропоновано декілька її варіантів [12]. Одна із найбільш обґрунтована є наступна структура: N-I-3-N-ацетилгалактозамініл-треонін або серин. Подібні вуглеводні послідовності часто зустрічаються і в складі інших глікопротеїдів. Всі вуглеводні залишки розміщені на С-кінцевій ділянці молекули κ -казеїну, надаючи йому гідрофільні властивості і дифільну природу всієї молекули. Як в інших казеїнів, мала частина поліпептидного ланцюга κ -казеїну знаходиться у вигляді α -спіралі. Особливості будови і властивостей κ -казеїну визначає його важливу роль в стабілізації міцел казеїну в розчинах [33].

Спектральні дослідження ізольованих казеїнів показали наявність в них слабо виражені α - і β - структури. У водних розчинах, як індивідуальні казеїни, так і загальний казеїн містить менше 15% спіральних ділянок. В роботі Блумфілда і Міда визначені ділянки зі α -спіральною структурою у α_{S1} , β - та κ -казеїнів. Отримані дані дозволяють характеризувати субодиниці казеїнів як проміжні між глобулярними білками і білками зі структурою статистичного клубка [28].

Такі особливості вторинної й третинної структури білків казеїнового комплексу визначають високу доступність їх амінокислотних радикалів і гідрофобних ділянок до молекул розчинників та лежать в основі ярко вираженої тенденції до асоціації і утворення міцел в розчинах. У зв'язку з цим, розчинні утворення надмолекулярних структур основними субодиницями казеїнового комплексу представляють суттєвий інтерес. Останній, крім того, пов'язаний з тим, що саме надмолекулярна структура казеїнової міцели визначає її фізико-хімічні і структурно-функціональні властивості в розчинах.

1.1.2 Будова казеїнових міцел

Характер асоціації субодиниць казеїнового комплексу в розчинах сильно залежить від оточуючого середовища (рН, температури, наявності кальцію, іонної сили розчину, складу, співвідношення казеїнових мономерів і т.д.).

Ще в 1929 році показано, що колоїдний білковий комплекс молоко складається з суміші білків, розчинених в присутності іонів кальцію. Роботи останніх років підтвердили ці припущення. α_{S1} - та β -казеїни, складають близько 80% білків казеїнового комплексу, нерозчинні при концентрації кальцію 5-10мМ. З іншої сторони, κ -казеїн повністю розчинний в таких умовах [29]. κ -казеїн стабілізує весь колоїдний комплекс казеїнів. Для розуміння взаємодії субодиниць казеїну в складі міцел необхідно розглянути поведінку окремих фракцій в розчинах.

Паєнс в своїх роботах показав, що гідрофобні взаємодії мають більше значення для підтримки структури казеїнових міцел [42]. І справді, із амінокислотної послідовності казеїнів виступає, що гідрофобні амінокислоти у вигляді кластерів розташовані вздовж їх ланцюга. Згідно розрахунків Хілла і Вейка, казеїни являють сильно гідрофобними білками [27]. Відомо, що енергія гідрофобних взаємодій зменшується із зниженням температури. Це може пояснити вихід до 15% β -казеїну при 1°C із складу міцел [37]. Крім того, речовини, що послаблюють гідрофобні взаємодії (додецилсульфат натрію, гуанідингідрохлорид) та призводять до повної дезагрегації міцел.

Сольові містки, утворені залишками лізину в молекулі κ -казеїну, лежать в основі його здатності стабілізувати β - і α_{S1} -казеїни. κ -казеїн втрачає цю властивість в результаті хімічної модифікації залишків лізину. Серед іонних взаємодій важлива роль у формуванні міцел належить зв'язкам, утвореними іонами кальцію і фосфорних груп, що входять до складу казеїнових молекул. Взаємодія з фосфорними групами різних молекул казеїну, кальцій може утворити містки між ними. Крім фосфорних груп кальцій може зв'язувати карбоксильні групи амінокислотних залишків глютамінової і аспаргінової кислоти. Це

продemonстровано в дослідах з дефосфорилірованим казеїном. Повна відсутність кальцію призводить до розпаду міцел [24].

Природні казеїнові міцели, як і віруси, мембрани, важкі ферменти складаються із ряду білкових субодиниць і молекул інших сполук. Дослідження структури і складання таких надмолекулярних агрегатів являє одним із головних напрямків сучасної біохімії і молекулярної біології. До того ж вивчення казеїнових міцел має крім теоретичного, більше практичне значення.

В багатьох роботах вітчизняних і зарубіжних авторів добре вивчений склад, розміри і деякі властивості природних казеїнових міцел [22, 23]. Співвідношення субодиниць α_{S1} -, α_{S2} -, β - і κ -казеїнів в міцелі складає приблизно 3:1:3:1.

Неорганічні компоненти міцели складають близько 8%. Із них найбільш важливі є кальцій, фосфат, цитрат, магній.

За даними електронної мікроскопії, світлорозсіювання, ультрацентрифугування міцели казеїну в молоці знаходяться у вигляді сферичних частин з діаметром близько від 30 до 600 нм [22]. Середній осьовий діаметр міцел складає 100-150 нм. Міцели несуть загальний негативний заряд. Дзета-потенціал нативних міцел рівний від 8 до 22 мВ в залежності від рН. Другою важливою характеристикою міцел є їх низька густина (4,4 мл/г) і висока ступінь гідратації 3,7г води на 1 г білка. Маса міцел казеїну середнього розміру знаходить між $5,2 \cdot 10^8$ і $6,25 \cdot 10^8$ Дальтон [29].

На основі даних про склад, розмірів і властивості міцел, а також субодиниці казеїну запропоновано ряд моделей структури казеїнових міцел. Всі моделі можна розділити на три класи. До першого класу відносяться моделі, в яких автори надають перевагу різній структурі внутрішньої частини і поверхні міцели.

Тому запропонували модель, засновану на взаємодії іонів кальцію з казеїном [44]. Спочатку відбувається формування комплексів α_{S1} - і β -казеїнів у відсутності кальцію (рис. 4). До додавання кальцію α_{S1} - і β -казеїни, представлені мономерами дифільної природи починають утворювати агрегати лімітованого розміру. В присутності невеликої кількості α_{S1} - κ -комплексів преципітація казеїну обмежується утворенням моношару із цих низькомолекулярних α_{S1} - κ -комплексів

на поверхні α_{S1} - β -агрегатів. Таким чином оболонка і розмір міцел залежить від кількості κ -казеїну. У відсутності κ -казеїну, α_{S1} - і β -казеїни агрегують та осаджуються. Модель Вог добре пояснює ліофільну природу казеїнових міцел і підвищену чутливість κ -казеїну до дії ферментів.

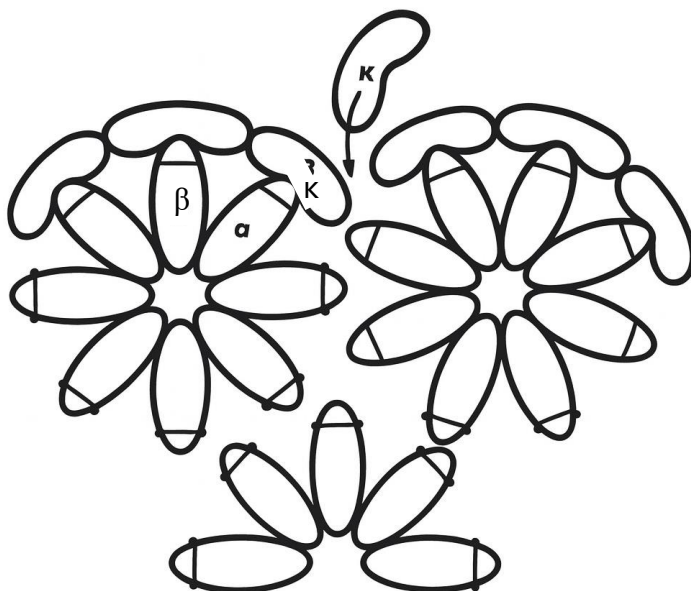


Рисунок 4 - Модель структури казеїнової міцели, що запропонована Вогом та його співробітниками [44].

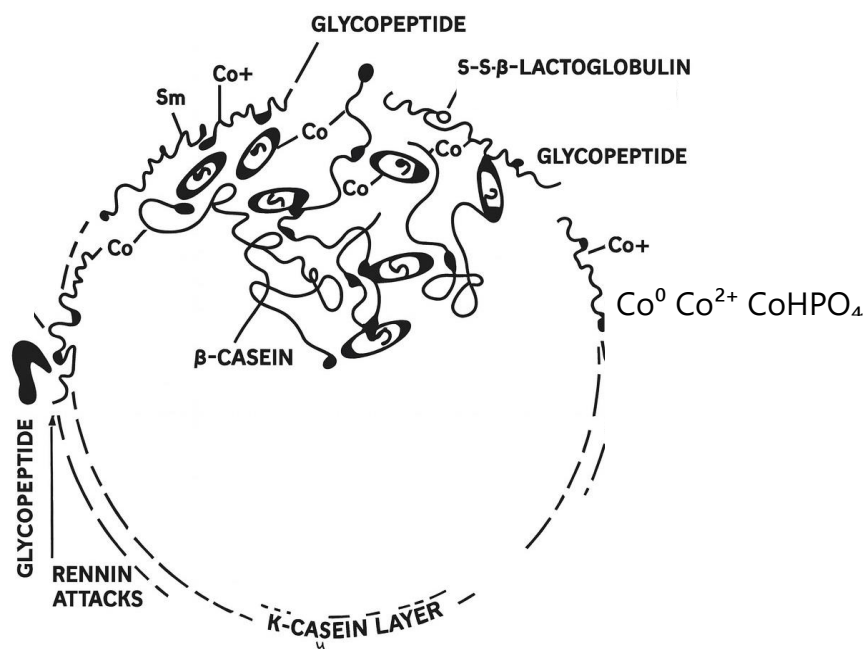


Рисунок 5 - Модель казеїнової міцели за Паєнсом [42].

Декілька моделей, що відрізняються, запропонував Паєнс. За Паєнсом α - та β -казеїни знаходяться в міцелі в розгорнутому вигляді на відміну від α_{S1} -казеїну. α -казеїн розташований на поверхні міцели, хоча гідрофільні ділянки α_{S1} - і β -казеїнів також можуть виступати на поверхню міцели. Більша частина колодного кальцій-фосфату входить в склад оболонки міцели. При цьому він може грати велику роль в процесах агрегації міцели (рисунок 5).

З другої сторони, Перрі і Керрел на основі електронно-мікроскопічних досліджень розташування субодиниць казеїнів в міцелі заключили, що концентрація α -казеїну на поверхні міцели або дуже низька або він там відсутній зовсім. Автори запропонували модель, де α -казеїн є точкою полімеризації решта казеїнів (рисунок 6). Вони групуються навколо α -казеїну і тоді стабілізуються колоїдним кальцій-фосфатом, розташований по всьому об'ємі міцели. Гідроліз α -казеїну реніном пояснюється наявністю сироваткового α -казеїну, який розпадається під дією ферменту і бере участь в процесах коагуляції [3].

Всі розглянуті моделі першого класу припускають нерівномірне розташування окремих фракцій казеїну на поверхні і в середині міцели. Вони не потребують строгих стехіометричних співвідношень казеїнових субодиниць для свого утворення. Модель Вог не визначає розташування колоїдного кальцій-фосфату, що грає важливу роль в структурі і стабілізації міцел.

Останнім часом появились факти протилежні структурним моделям першого класу. Показано, що папаїн може в однаковій мірі гідролізувати всі три казеїни в міцелі. Із того випливає, що всі субодиниці в міцелі однаково доступні дії ферменту. Дюма та його співробітники показали, що всі казеїни в міцелі однаково доступні дії реагентів з більшою молекулярною масою. Вони припустили рівномірне розміщення субодиниць в складі міцели.

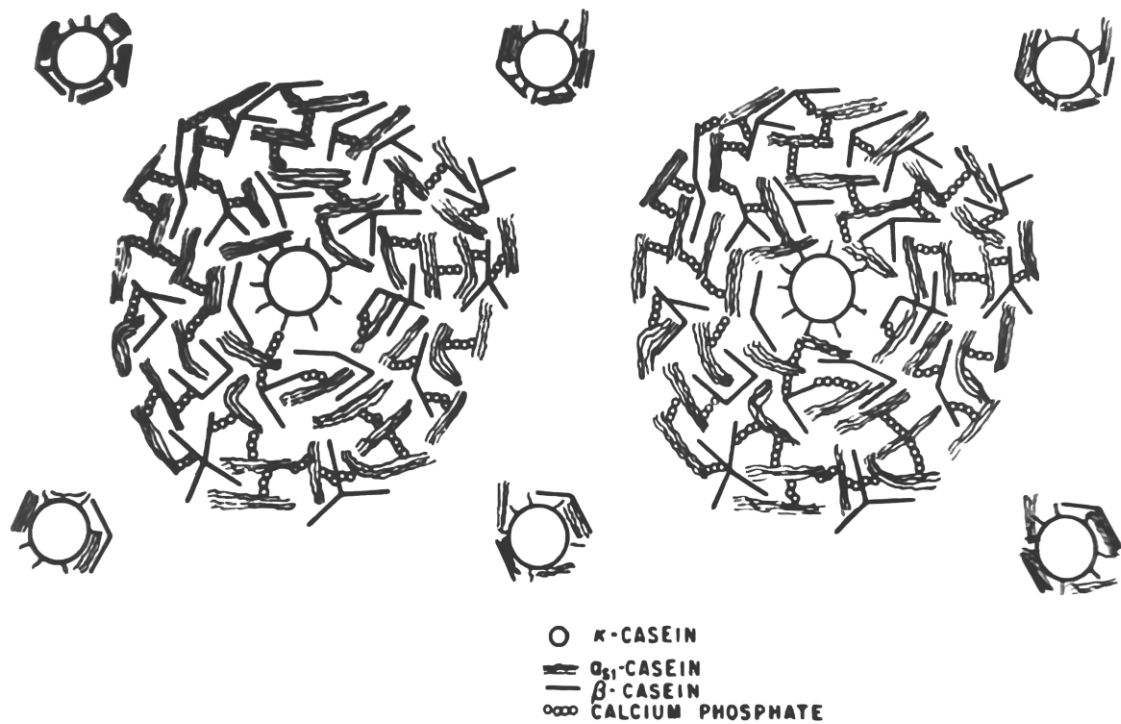


Рисунок 6 - Модель структури міцели казеїну за Перрі і Керрелу.

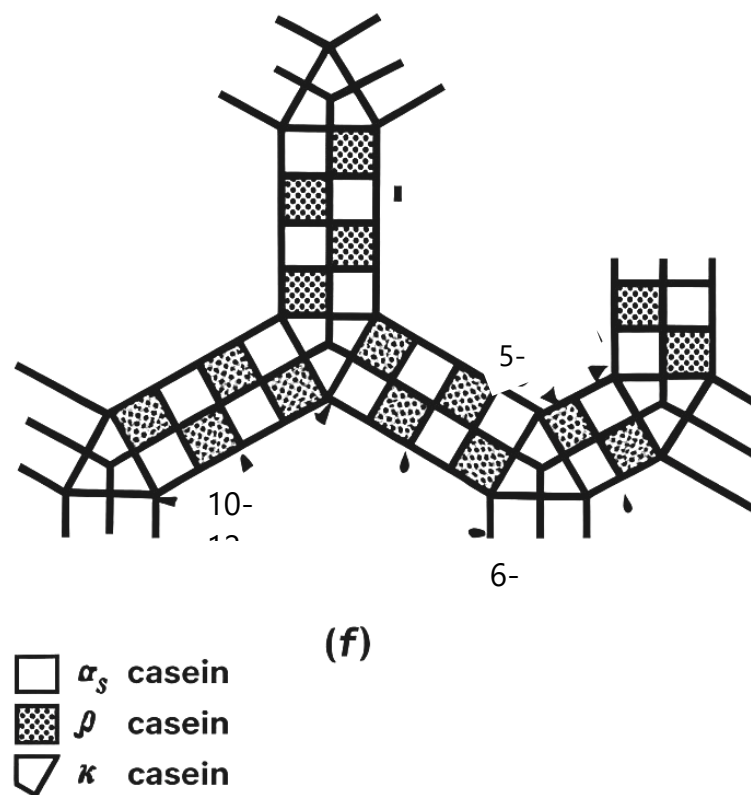


Рисунок 7 - Структура повторюваних одиниць в міцелі за Рібадо-Дюма.

Такі моделі з рівномірним розташуванням субодиниць, об'єднуються другим класом моделей казеїнових міцел.

На основі своїх робіт Дюма та його співробітники прийшли до висновку, що казеїнові міцели молока мають порожнини та канали, що вміщують молекули з молекулярною масою до 36000. Наявність таких порожнин добре узгоджується з низькою щільністю і високим ступенем гідратації міцел. У зв'язку з тим запропонована модель, де головні субодиниці казеїну, утворюючи просторову структуру, знаходяться у вигляді повторюваних одиниць. В якості повторюваних одиниць були запропоновані тример α -казеїн і зв'язані з ним три молекули α_{S1} -казеїну (рисунки 7) і три молекули β -казеїну.

Проте, така модель припускає наявність вираженої третинної структури в α -казеїні. І справді така структура виражена слабо. Крім того показано, що α -казеїн в міцелах може утворювати комплекси з меншим або більшим ступенем полімеризації, ніж три мономеру. При побудові цієї моделі не враховується роль колоїдного кальцій-фосфату.

До моделей другого класу належить модель Роуза. В основі його моделі лежить ендотермічна асоціація β -казеїну. β -казеїн утворює агрегати, до яких приєднується α_{S1} - та α -казеїн. При цьому α -казеїн знаходиться в основному на поверхні таких агрегатів. (рисунки 8). Колоїдний кальцій-фосфат розташований по всьому об'єму міцели, як стабілізуючий матеріал. Однак, відомо, що β -казеїн в дії асоціює з α_{S1} -казеїном без певних закономірностей і в цих субодиницях відсутня добре виражена третинна структура.

Найбільш розповсюдженими є моделі третього класу. Шіммин і Хілл на основі своїх електронно-мікроскопічних досліджень вперше показали наявність міцел казеїну діаметром близько до 10 нм. Потім Мур припустив, що α_{S1} - , β - , α -казеїни та кальцій фосфат утворюють субміцели розміром до 30 нм за методом, запропонованим Вогом. При дії на міцели дисоційованих агентів, багатьма дослідниками за допомогою електронної мікроскопії, світлорозсіяння та гель-фільтрація показано, що міцели мають субміцелярну структуру [23, 28].

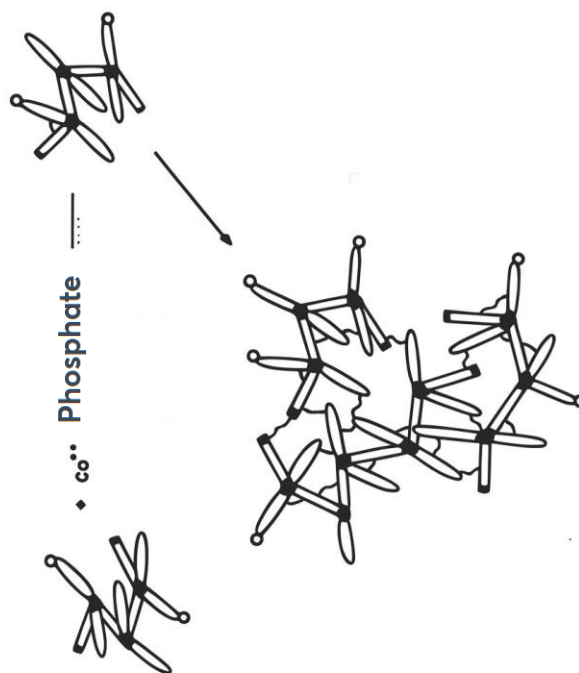


Рисунок 8 - Формування міцел за схемою Роуза.

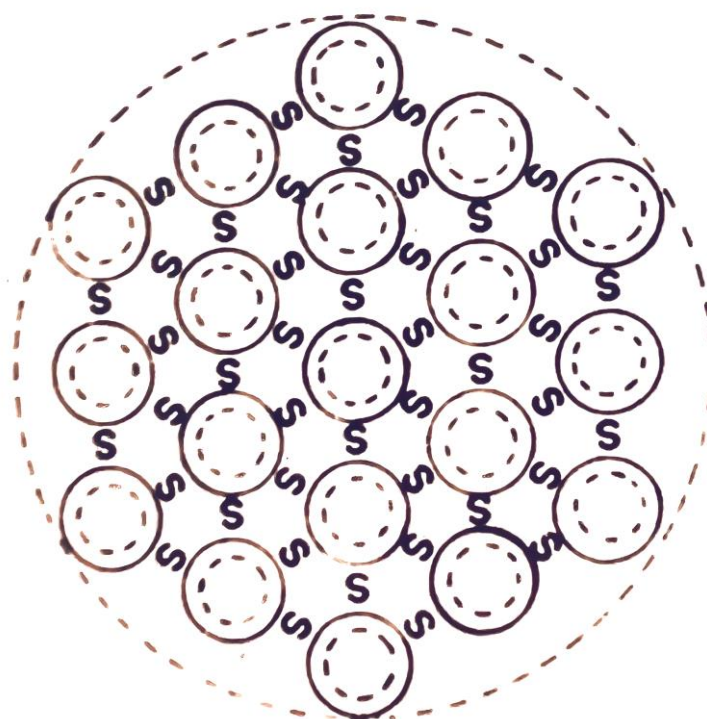


Рисунок 9 - Субміцелярна модель міцели казеїну за Шмідтом [43].

Крім того, встановлено, що при видаленні колоїдного кальцій-фосфату із молока міцели дезінтегруються на більш дрібні частини, що складається із декількох субміцел. Ці частини містять близько 0,2мМ кальцію на грам казеїну. Подальший діаліз проти буфера, що не містить іонів кальцію, призводить до отримання в розчині малих частин, які визначаються як субміцели. Розміри цих частин становлять 15-20нм. Співвідношення казеїнів в них може бути різним [28].

Враховуючи дані по асоціації казеїнів, ролі колоїдного кальцій-фосфату в залежності співвідношення казеїнів від розмірів міцел Шмідт запропонував свою субміцелярну модель структури міцел казеїну [43]. Згідно цієї моделі субміцели складаються із ядра, сформованого гідрофобними ділянками всіх фракцій казеїну. Ядро вкрите гідрофільним шаром заряджених частинок субодиноць казеїну. Гідрофільний шар включає більшість фосфосеринових залишків α_{S1} -, α_{S2} - та β -казеїнів, а також високополярну С-кінцеву послідовність κ -казеїну, що включає вуглеводну групу. Міцели формуються із субміцел за допомогою колоїдного кальцій-фосфату, утворюючого кальцій-фосфатні містки між ними. В утвореному зв'язку між субміцелами бере участь також вуглеводна частина κ -казеїну. Субміцели з низьким вмістом κ -казеїну знаходяться в середині міцели (рисунок 9).

Згідно представленої моделі формування міцел починається утворенням субміцел з низьким вмістом κ -казеїну. Тоді асоціюються за допомогою колоїдного кальцій-фосфату. Процес закінчується тоді, коли вся поверхня міцели покриється κ -казеїном. Така модель добре пояснює багато даних про структуру і властивість міцел казеїну. Вона лежить в основі обговорення результатів, пов'язаних з вивченням впливу ферментного препарату на в'язкість казеїнових розчинів.

1.2 Шляхи регуляції в'язкості казеїнових розчинів

Одним із лімітуючих факторів виробництва і широкого використання казеїнів є висока в'язкість їх розчинів. В промисловості вона обмежує концентрацію розчинів казеїнату натрію, що подають на сушіння до 20% , що значно підвищує вартість і знижує виробництво процесу [29].

Згідно літературних даних, в'язкість розчинів казеїнату натрію росте експоненційно із збільшенням проценту вмісту білку [17, 40, 41].

В літературі є багато робіт по вивченню впливу на в'язкість казеїнових розчинів таких факторів як температура, рН, концентрація солей [17, 35]. Показано, що в'язкість різко знижується з підвищенням температури. Більше значення має рН розчину. При лужних значеннях рН (10-13,5) розчини казеїнату натрію утворюють гелі. Запропоновано, що важливу роль для утворення і підтримки структури гелю відіграє сульфгідрильні групи. Пізніше було показано, що збільшення в'язкості і утворення гелю в цих умовах відбувається за рахунок агрегації частинок казеїну. При цьому головна роль належить гідрофобним взаємодіям. Показано, що в'язкість казеїнатів кальцію і барію нижча, ніж натрію, калію та амонію. Казеїнат кальцію при нагріванні до 50-60°C утворює гель. Утворення гелю при нагріванні характерне так само і для казеїнату стронцію. При збільшенні рН з 7 до 13 в'язкість концентрованих розчинів казеїнатів незначно знижується, а розмір частинок зменшується.

Більшість видів хімічної обробки розчинів казеїнату натрію призводить до збільшення його в'язкості. Це дефосфорилювання, метилювання, дезамінування. В результаті спроби фіксувати казеїнові міцели в молоці формальдегідом, в'язкість отриманого казеїнату натрію або не змінилась зовсім або збільшувалась.

Лужний гідроліз казеїнових розчинів при рН 8 і температурі 60°C протягом 24 годин призводить до помітного зниження в'язкості. Дослідники припускають, що це пов'язано з дією мікроорганізмів. В деяких випадках показана можливість зниження в'язкості казеїнових розчинів обробкою протеолітичними ферментами

[17, 41]. Проте у вказаних роботах не досліджуються причини цього явища і змін, що відбуваються при цьому з білками казеїнового комплексу.

Дуже мало опубліковано даних, що стосуються впливу поверхнево-активних речовин на в'язкість концентрованих казеїнових розчинів. Японські дослідники використали додецилбензенсульфонат для запобігання збільшення в'язкості до 20%-го казеїнату натрію тривалому витримуванні. Однак, в'язкість казеїнату натрію в присутності цього ПАВ збільшувалась ще швидше. На основі цього було виявлено, що головною причиною збільшення в'язкості є утворення ковалентних зв'язків між фосфосерином і лізином. На думку інших дослідників детергент не тільки не перешкоджає утворенню нековалентних взаємодій, а сприяє цьому в залежності від його концентрації. Нагрівання розчину казеїнату натрію до 50°C призводило до перетворення гелю в ньютонівську рідину. Це підтверджує важливість гідрофобних взаємодій водневих зв'язків в підвищенні в'язкості і утворення гелю в концентрованих розчинах казеїнату натрію.

Великий інтерес становить дослідження зміни в'язкості молока на ранніх стадіях дії хімозину. Існує декілька поглядів. За даними одних дослідників в'язкість під час первинної фази не змінюється зовсім або змінюється не дуже. З іншої сторони в багатьох роботах помічено зниження в'язкості молока. Тоді відбувається підвищення в'язкості до вихідного значення і далі до випадання осаду [17].

Варто відзначити, що мінімум в'язкості спостерігається раніше, ніж кінець ензиматичного розпаду α -казеїну в первинній фазі коагуляції молока. Характерно, що ступінь початкового зниження в'язкості залежить від способу її вимірювання. Дуже добре реєструється зниження в'язкості при використанні віскозиметра Оствальда. Роторний віскозиметр дає менш чіткі результати. Тим не менш, в обох випадках зміна в'язкості відображає реальні зміни в системі казеїнових міцел молока. Відомо, що при дії хімозину знижується значення електрокінетичного потенціалу міцел казеїнового комплексу молока близько на 40%. Зниження потенціалу особливо помітно при збільшенні температури. Деякі автори дослідили ступінь гідратації міцел казеїну до і після дії хімозину. При цьому в їх ступені

гідратації не було виявлено значних відмінностей. Можливо, що зниження в'язкості пов'язано або з зменшенням електрокінетичного потенціалу або з перерозподілом заряду на міцелах [41]. Була представлена робота з вивчення змін в'язкості при дії хімозину на розбавлені розчини казеїну. Показано, що в розчинах казеїну в'язкість також знижується. Подібне зниження в'язкості досягається і в випадку додавання хлориду натрію. Незначне зниження в'язкості виявлено і при дії на розчин казеїну хімозинових пептидів α -казеїну. На основі отриманих даних запропоновано три можливих пояснення зміни величини в'язкості, пов'язаних з: розміром та формою міцел казеїну; зарядом міцел або перерозподілом в них зарядів; зменшенням ступеня гідратації та об'єму міцел. Раніше справді відзначалась аналогія в змінах електрокінетичного потенціалу міцел в розчинах казеїну при дії хімозину і хлориду натрію [38].

Додавання хлориду натрію знижує в'язкість молока. Додавання хімозину після хлориду натрію не призводить до подальшого зниження його в первинну фазу згортання молока. Це може бути ще одним доказом аналогії в структурі і властивостях казеїнової міцели в молоці і розчині казеїну [34].

Таким чином, під дією хімозину в первинній фазі коагуляції молока відбувається зміна структури і властивостей казеїнових міцел, супроводжуваних характерним початковим зниженням в'язкості. Причини такого явища не встановлені. Хоча велика практична цінність цього питання не сумнівна. Можна припустити, що таким чином інші молокозгортальні ферменти будуть знижувати в'язкість в концентрованих розчинах казеїнату натрію.

Крім дорогого натурального хімозину, що володіє великою специфікою по відношенні до α -казеїну, використовуються молокозгортальні ферменти мікробного походження. Головною особливістю, що відрізняє ці ферменти від хімозину, є неспецифічний гідроліз α_{s1} - і β -казеїнів [35]. Цей процес в якійсь мірі характерний і для хімозину. Проте у випадку хімозину вказаний гідроліз виражений слабо. Мікробні ферменти гідролізують α_{s1} - і β -казеїни вже на початку первинної фази, причому протеолітична активність у них значно вища, ніж в хімозині [3, 14].

Регуляція в'язкості казеїнових розчинів представляє великий практичний та теоретичний інтерес. Однак характер зміни в'язкості при дії ферментів вивчений недостатньо. Не встановлені причини зниження в'язкості під дією протеолітичних ферментів.

Мета роботи і завдання:

Метою роботи є визначення впливу молокозгортального препарату мікробіологічного походження (МПМП) на в'язкість казеїнових розчинів.

Для вирішення поставленої мети сформовані наступні завдання:

- охарактеризувати фракційний склад білків в казеїнових розчинах
- визначити вплив МПМП на в'язкість 12% і 18%-го розчинів казеїну
- встановити причини зміни в'язкості казеїнових розчинів на рівні білкових фракцій казеїну.

2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В роботі використовували ферментний молокозгортальний препарат мікробіологічного походження (МППМ) з протеолітичною активністю – ПА/г=84од визначеною за методом Кварцової [14]. Еталонний сичужний фермент активністю 100000 умовних одиниць і взірць харчового казеїну було одержано з ПРАТ ‘Тернопільський молокозавод’.

Математично-статистичну обробку результатів проводили з використанням пакетів програм Microsoft Office Excel (2007)

Визначення в'язкості казеїнових розчинів

В'язкість розчинів казеїнату натрію визначалась на капілярному віскозиметрі Убеллоде. В ході роботи використовувалась вітчизняна модифікація цього віскозиметра – ВПЖ-І. Визначення проводились при температурі 65°C. Температура в віскозиметрі підтримувалась за допомогою водяного ультратермостату.

Кінематична в'язкість в м²/с розраховувалась згідно формули:

$$\nu = \frac{g}{980.7} * T * K$$

де: ν – кінематичні в'язкість в м²/с;

K – стала віскозиметру в м²/с²;

T – час витоку розчину в с;

g – прискорення сили тяжіння в місці вимірювання в м/с².

Кожне число було отримане як середнє значення з п'яти вимірювань.

Визначення концентрації білків

Концентрація білку в розчинах визначалась за методом Лоурі. Оптичну густину зафарбованих розчинів вимірювали на спектрофотометрі СФ-46. Концентрацію білку визначали за калібрувальною кривою. Крива на графіку відображає залежність оптичної густини від концентрації казеїну в розчині. При

побудові кривої допускалось, що продукти розпаду казеїну дають однакові значення оптичної густини з вихідним казеїном.

Електрофорез в поліакриламідному гелі

Електрофорез вірців казеїну проводився на вертикальних пластинках поліакриламідного гелю за методом [15, 47].

Підбиралась концентрація каталізаторів, що забезпечувала утворення гелю протягом 30 хвилин. Пробу готували додаванням 2 мл подвійного електродного буферу до 500 мг вірця казеїну. Тоді додавали 0,1 мл розчину бромфенолового синього для забарвлення проби і подальшого визначення рухомої границі. В залитий електродним буфером отвір наносили 10 мкл проби за допомогою мірного капіляру. Електрофорез проводили при кімнатній температурі. Під час розділення підтримувалась постійна сила струму – 50мА. Після закінчення розгонки гель фіксували в 7% оцтовій кислоті протягом одної години, а потім 30 хвилин фарбували в розчині амідосварцу 10Б.

Після фарбування гелі відмивали в 7% оцтовій кислоті.

Гель-фільтрація казеїнів на сефадексах G-25 та G-150

Гель-фільтрацію вірців казеїну проводили за методом [16, 45, 46]. В ході роботи використовували гель G-25. Сефадекс готували згідно загальноприйнятої методики. Після набрякання і декантації в хроматографічному буфері (ІМ оцтова кислота, рН 2,4) гель наносили в хроматографічну колонку при постійному перемішуванні. Тоді колонку промивали трьома об'ємами буферу.

Пробу готували додаванням 9,5 мл хроматографічного буферу до 500 мл розчину казеїну або його гідролізату. Тоді отриманий розчин центрифугували 30 хвилин (17000 об/хв) на центрифугі Т-24 (Німеччина). На колонку наносили 0,9 мл супернатанту для розділення. Гель-фільтрацію проводили при швидкості елюції – 57 мл/год.

Розділення казеїну на сефадексі G-150 в дисоційованій системі проводили згідно методики описаної раніше [14, 16]. При приготуванні проби вірці розчинів

казеїну розводили в десять раз хроматографічним буфером. Тоді пробу центрифугували 30 хвилин 1700об/хв на центрифугі Т-24 (Німеччина) та фільтрували. На колонку наносили 0,5 мл отриманого розчину казеїну. Єлюювання проводили зі швидкістю 11 мл/год.

Хроматографія міцел казеїну на сефарозі

Хроматографія казеїну на сефарозі 2В (Швеція) проводилась відповідно до рекомендацій фірми «Pharmacia». Після набрякання та декантації сефарозу вносили в колонку 29*1 см і врівноважували п'ятикратним об'ємом буферу 0,01 м трис-НСІ, рН – 7,2. Взірці 20% казеїну перед розділенням проводили в 10 раз і фільтрували. На колонку наносили 0,5 мл взірця. В пробу відбирали по 1 мл елюату та аналізували вміст білку по Лоурі. Повторюваність експерименту п'ятиразова.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Склад білкових фракцій у концентрованих розчинах харчового казеїну

Для аналізу казеїнів спочатку проводили приготування концентрованих розчинів. Для цього сухий харчовий казеїн мололи на кавомолці до порошкоподібного стану і розчиняли, додаючи 1н NaOH до рН 6,6 при нагріванні. Розчинення проводили при постійному перемішуванні. Для зручності підбір методів аналізу казеїнових фракцій проводили на 12% казеїні.

Відомо, що найбільш поширеним і доступним методом аналізу казеїнів є хроматографічні і електрофоретичні методи [10, 11, 12]. З хроматографічних методів була вибрана гель-фільтрація під низьким тиском на сефадексі G-150. Результати гель-фільтрації казеїну на сефадексі G-150 показали на рисунку 10.

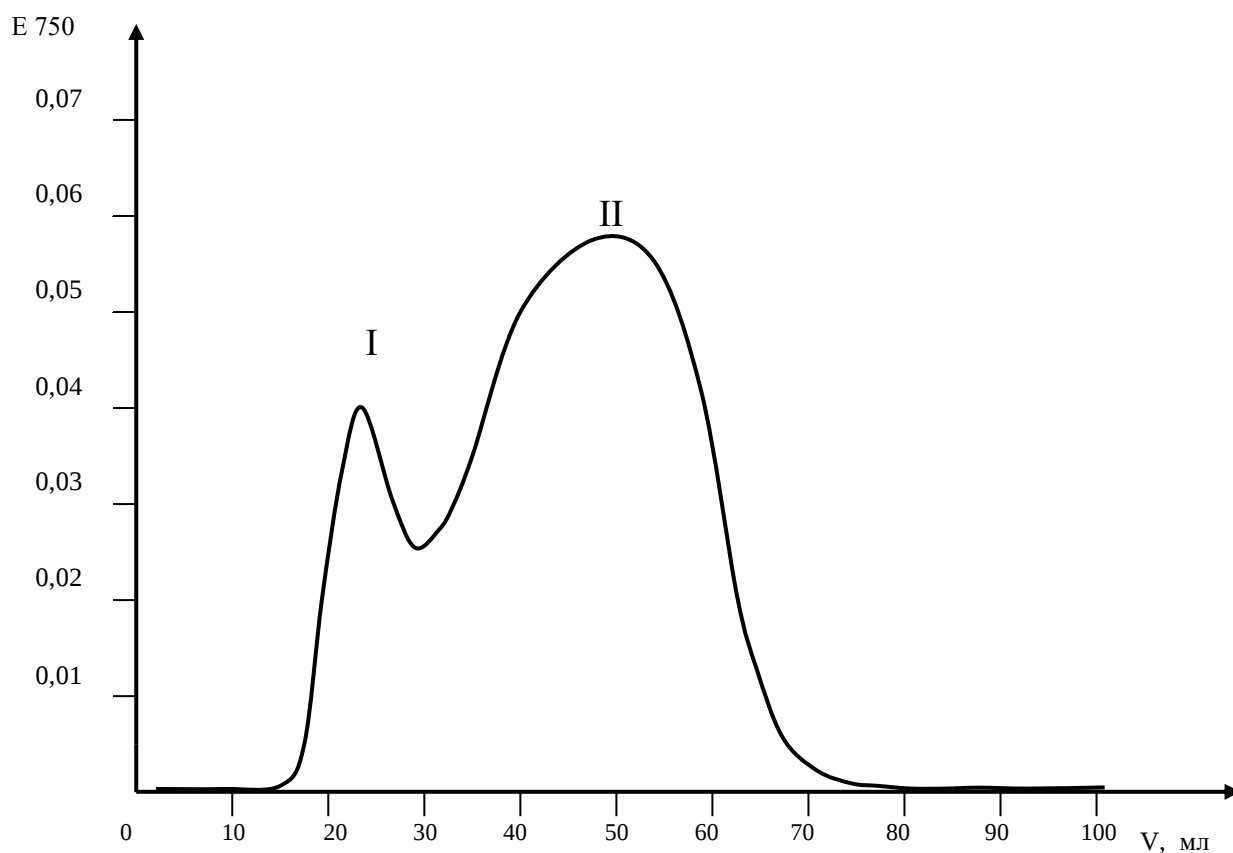


Рисунок 10 - Хроматограма розчину харчового казеїну отримана в результаті гель-фільтрації на сефадексі G-150.

Отримані дані схожі на результати розділення очищеного казеїну виділеного в лабораторних умовах [12, 13, 45]. В нашому випадку менше виражений пік I в якому за літературними даними знаходиться α -казеїн. Також пік II, який складається з α_{S1} - і β -казеїнів не розділяється на два піки. Цей метод може бути корисний у випадку, якщо зміни в процесі обробки казеїну стосуються α -казеїну.

Другим методом для аналізу фракційного складу казеїнового розчину, який використаний в даній роботі був електрофорез в пластинках поліакриламідного гелю (ПАГ). Цей сучасний метод є дуже популярним при аналізі білків завдяки його доступності, високій чутливості і роздільній здатності. Сучасні варіанти електрофорезу у вертикальних пластинках поліакриламідного гелю дозволяють проводити одночасний аналіз до десяти взірців в абсолютно однакових умовах. Апарат для електрофорезу може бути виготовлений в умовах лабораторії. Такий метод дозволяє провести кількісну оцінку білкових фракцій взірців.

Тут можна відзначити, що комітет класифікації номенклатури і методології молочних білків американської асоціації молочних наук рекомендує електрофорез ПАГ для аналізу білків казеїнового комплексу, також білків сироватки молока і білків жирових кульок молока [27, 39].

Результати аналізу білкового складу концентрованого розчину казеїну електрофорезом в ПАГ показано на рисунку 11.

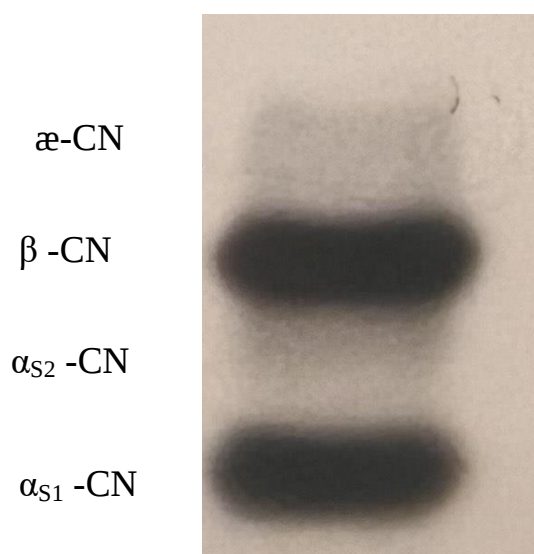


Рисунок 11 - Схема електрофореграми розчину харчового казеїну отримана в пластинці ПАГ.

З результатів видно, що на електрофореграмі чітко проявляються дві основні фракції α_{s1} - і β -казеїн. Групи α_{s2} -казеїнів і α -казеїнів утворюють розчинні плями на яких неможливо встановити їх мікрогетерогенність.

3.2 Зміна в'язкості 12 і 18% казеїнових розчинів за дії молокозгортального препарату мікробіологічного походження (МПП)

Перед усім, нами вивчалась залежність швидкості і ступені пониження в'язкості 12%-го казеїнового розчину рН 6,6 від концентрації МПП. Експериментально було підібрано три концентрації фермента, відображаючи три

можливих варіанта пониження в'язкості. Це – 0,05%, 0,1% та 0,2% препарату МПМП від загальної ваги казеїнового розчину. При дії ферменту підтримувалась температура 35°C. Через відповідні проміжки часу виміряли в'язкість розчинів на вискозиметрі Убелоді. Результати вимірювання представлені на рисунку 12. У всіх випадках в'язкість розчину починає знижуватись зразу після додавання ферменту. При низьких концентраціях МПМП 0,05% довший час в'язкість понижується лінійно до досягнення мінімуму:

$$-\frac{dV}{dE} = K_0$$

де: K_0 – константа.

Це рівняння аналогічне рівнянню реакції нульового порядку. У випадку високої концентрації МПМП 0,25% в'язкість понижується значно швидше, ніж в попередніх варіантах. Лише в початковому моменті спостерігається лінійний відрізок кривої. Після досягнення мінімуму в'язкість починає підвищуватись до моменту коагуляції казеїну і утворення згустку. В тому випадку, внаслідок швидкого протікання процесу, його вивчення обмежилось.

Найбільш зручним в роботі є концентрація ферменту 0,1% (рис.13). При дії 0,1% МПМП крива залежності в'язкості 12%-го розчину казеїну від часу складається із декількох частин з добре вираженими відмінностями. Всю криву можна поділити на три частини, хоч межі ними дещо умовні (рис.13).

На початку реакції, як у випадку з низькою концентрацією ферменту, спостерігається лінійне пониження в'язкості. Проте, значення константи пониження – K_0 в цьому випадку вище.

Паралельно з дослідженнями зміни в'язкості в розчині казеїну визначалось збільшення концентрації низькомолекулярних продуктів протеолізу субодиниць казеїнового комплексу, розчинних в 12% трихлороцтовій кислоті. На рисунку 12 показано характер зміни їх концентрації. У всіх випадках в межах вивчаючого часу концентрація продуктів протеолізу збільшується рівномірно і швидкість її збільшення прямо пропорційна концентрації ферменту:

$$\frac{C \text{ прод. гідролізу}}{dE} = KС \text{ ферменту}$$

де: K-константа.

Характерно, що при досягненні мінімуму в'язкості і подальшої її збільшення, концентрація продуктів протеолізу продовжує збільшуватись. Мінімум в'язкості у всіх випадках з різними концентраціями ферменту досягається при однаковому ступені протеолізу субодиниць казеїнового комплексу. Концентрація кислоторозчинних продуктів в 12% розчині казеїну при цьому становить – 19мг/мл.

Звертає на себе увагу той факт, що при порівнянні малого ступеня протеолізу субодиниць казеїну відбувається значні зміни в'язкості казеїнового розчину.

Ооствізен зробив спробу пояснити зниження в'язкості в молоці під дією сичужного ферменту а рахунок розпаду α -казеїну [40]. Однак, автор зробив висновок, що якщо пов'язувати зниження в'язкості тільки з розпадом цього білку, то можна прийти до висновку, що він повинен розпадатись більше, ніж це може відбуватись під дією сичужного ферменту. До того ж мінімум в'язкості відповідає розпаду приблизно 50-60% α -казеїну в молоці [41]. Як розглянуто, в цьому випадку на первинній стадії згортання молока відбувається протеоліз тільки α -казеїну, який складає 13% від решти казеїнів. По-друге, характер зниження в'язкості окремого розчину α -казеїну не можна порівняти з молоком, де присутні всі інші субодиниці казеїну.

$V \times 10^{-6},$
 m^2/c

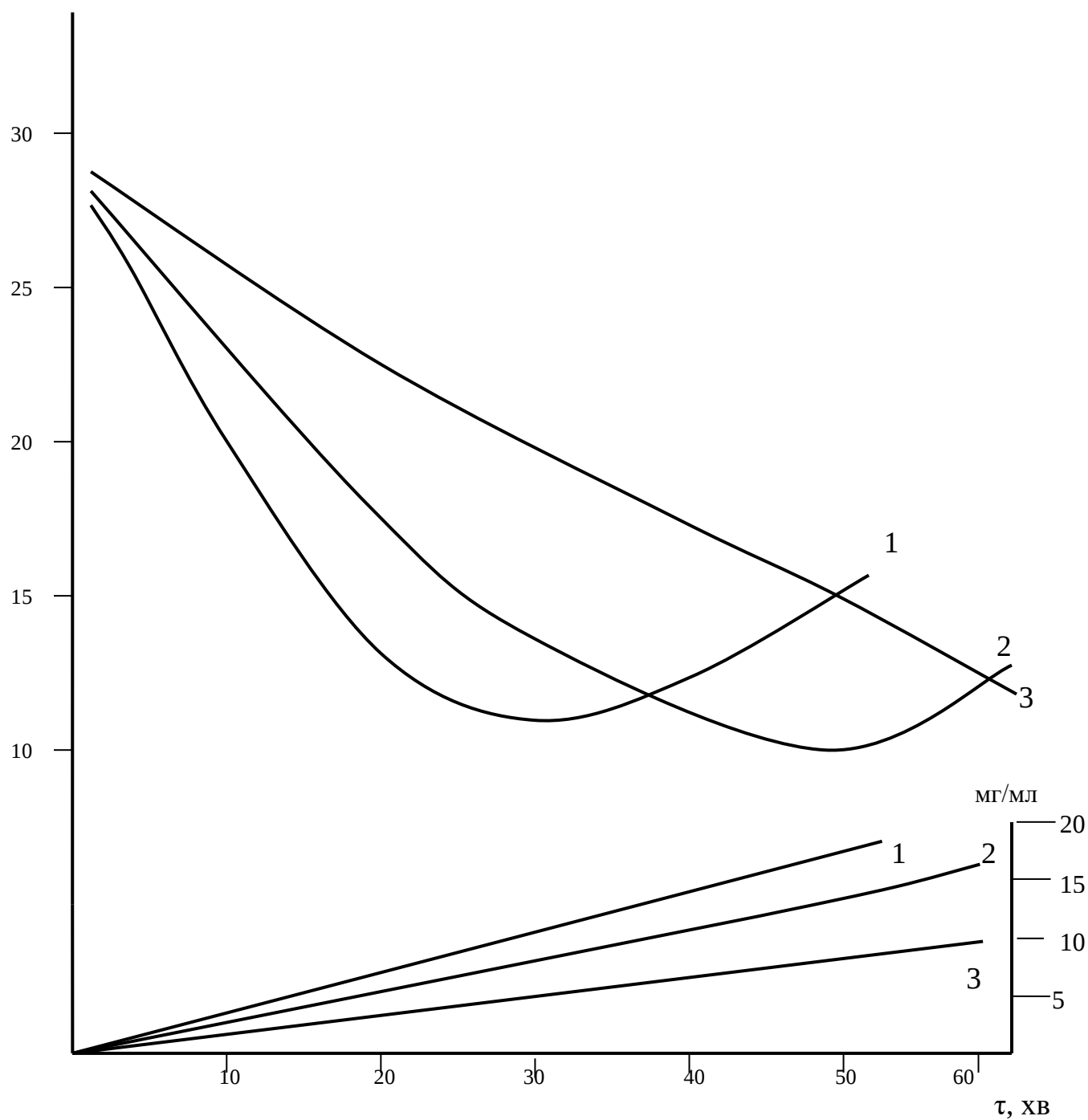


Рисунок 12 - Зміна в'язкості (m^2, c) 12%-го казеїнового розчину і концентрації продуктів протеолізу, розчинних в 12% ТХО при дії МПМП. Концентрація ферменту I – 0,2%, 2 – 0,1%, 3 – 0,05%.

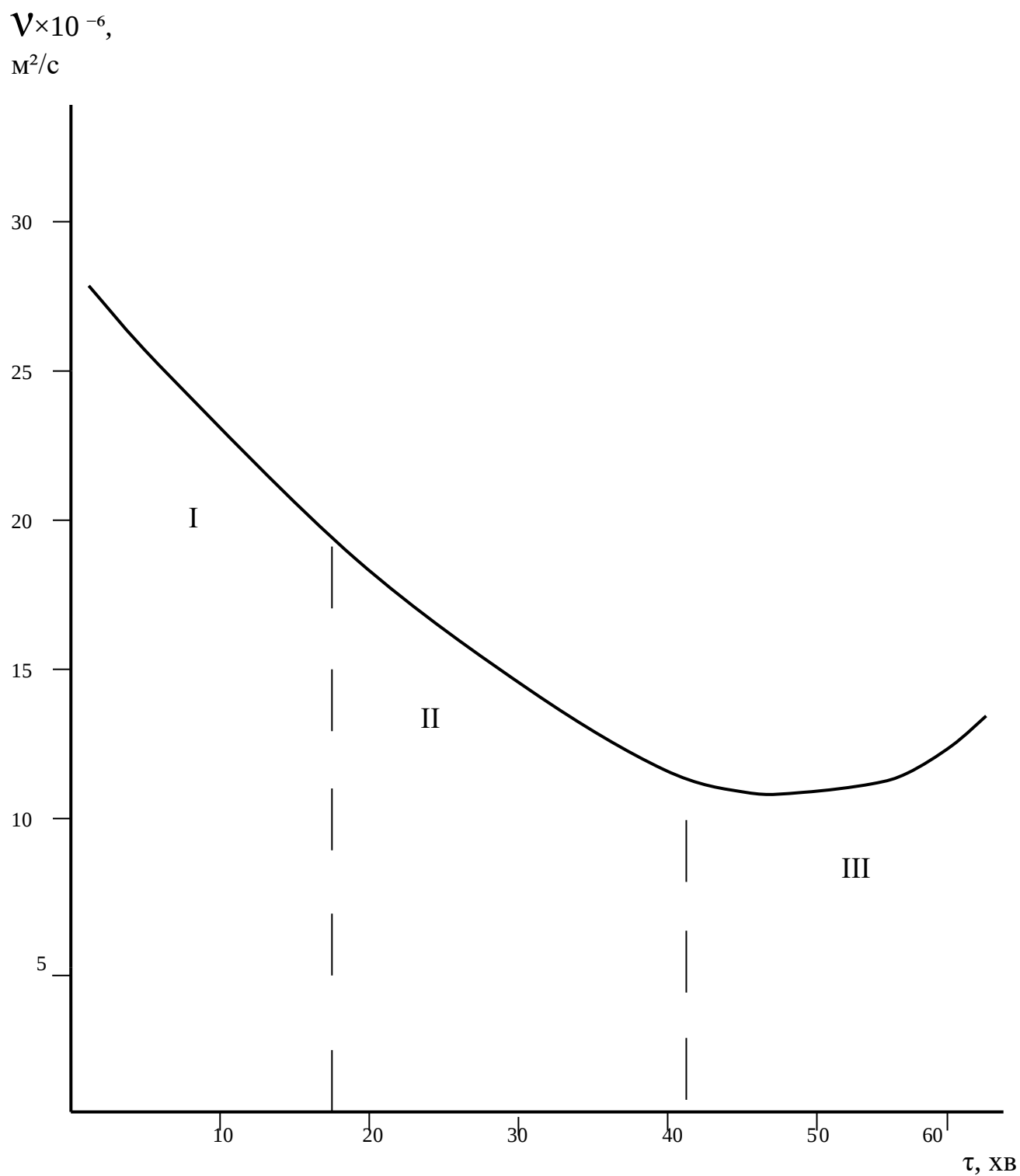


Рисунок 13 - Ділянки зміни кінематичної в'язкості 15%-го розчину казеїну при дії 0,1% МПМП.

В загальному процес зниження в'язкості казеїнового розчину під дією МПМП в більшості відбувається аналогічно зниженню в'язкості першої фази згортання знежиреного молока сичужним ферментом.

В подальших дослідженнях вивчався характер зміни в'язкості 18%-го казеїнового розчину (рН 6,6). Результати представлені на рисунку 14, де видно на графіку зміни в'язкості у 18%-му розчині під дією МПМП мало відрізняються від такої зміни в 12%-му розчині казеїну. І в даному випадку мінімум в'язкості не залежить від концентрації ферменту і досягається при рівних значеннях ступеня розпаду субодиниць казеїнового комплексу (рис. 14). Концентрація кислоторозчинних продуктів протеолізу при досягненні мінімуму в'язкості у 18%-му розчині вища, ніж у 12%-му розчині казеїну і складає приблизно 25мг/мл.

Важливим фактором, що впливає на ферментативну в'язкість є рН. В межах стабільності казеїнового розчину при рН 6,0-7,5 визначалась ступінь зниження в'язкості і протеолізу субодиниць казеїну у 18%-му розчині при дії МПМП протягом 30 хвилин. Результати представлені на рисунку 15. Оптимальним значенням рН для зниження в'язкості 18%-го казеїнового розчину є рН 6,6. Відомо, що протеолітична активність МПМП збільшується з пониженням рН. МПМП є кислим протеазом, однак з пониженням рН зменшується стабільність казеїнових розчинів внаслідок втрати негативного заряду міцелами субодиниць казеїну. Тому, оптимум рН для зниження в'язкості знаходиться вище, ніж оптимум протеолітичної активності МПМП.

$V \times 10^{-6},$
 m^2/c

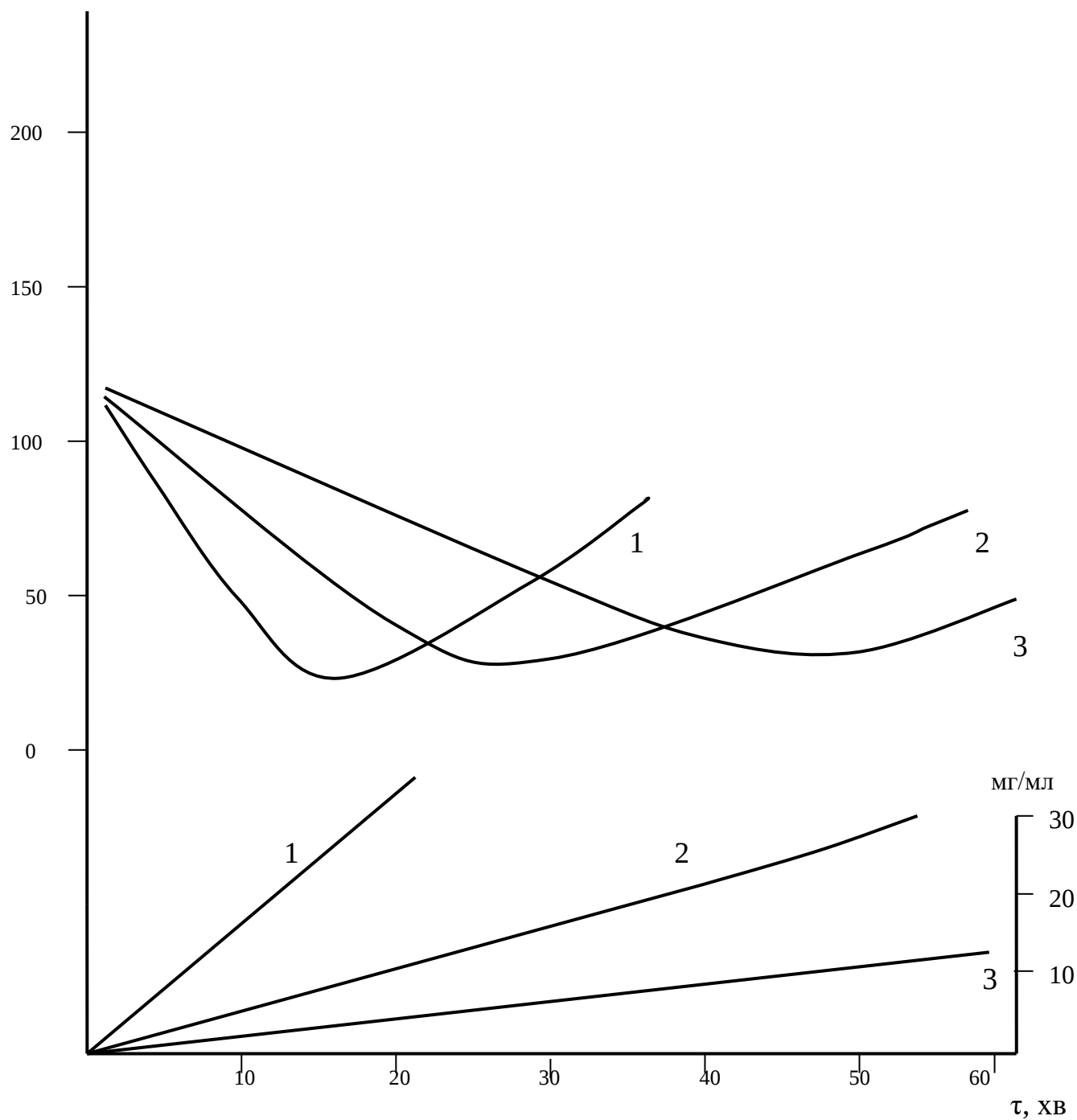


Рисунок 14 - Значення в'язкості m^2/c 18%-го казеїнового розчину і концентрації продуктів протеолізу, розчинних в 12% ТХО за допомогою ферменту. Концентрація ферменту: 1-0,2%; 2-0,1%; 3-0,05%.

Становить інтерес залежності ступеня зниження в'язкості від концентрації казеїнового розчину. Такі дані можуть дати загальні уявлення про можливість застосування цього явища на практиці. Для проведення таких досліджень готувались розчини казеїну різних концентрацій в межах 12-18%. рН всіх розчинів доводили до 6,6%. Тоді знаходили мінімальне значення в'язкості в присутності 0,1%-го МПМП. На рисунку 16 показуються залежності зміни в'язкості вихідних розчинів (1) і після максимального зниження під дією ферменту (2).

Таким чином, показано, що в'язкість концентрованих казеїнових розчинів добре знижується під дією МПМП. Швидкість процесу зниження в'язкості залежить від концентрації ферменту і відрізняється на різних стадіях його дії. Концентрація ферменту в межах 0,2-0,05% впливає на швидкість досягнення мінімального значення в'язкості, а не самого його значення. У випадку 12%- і 18%-х казеїнових розчинів мінімум в'язкості досягається при відповідних значеннях ступеня протеолізу субодиниць казеїну для кожної концентрації. Процес зниження в'язкості казеїнових розчинів в значній мірі залежить від рН. Оптимальне рН для максимального зниження в'язкості – 6,6.

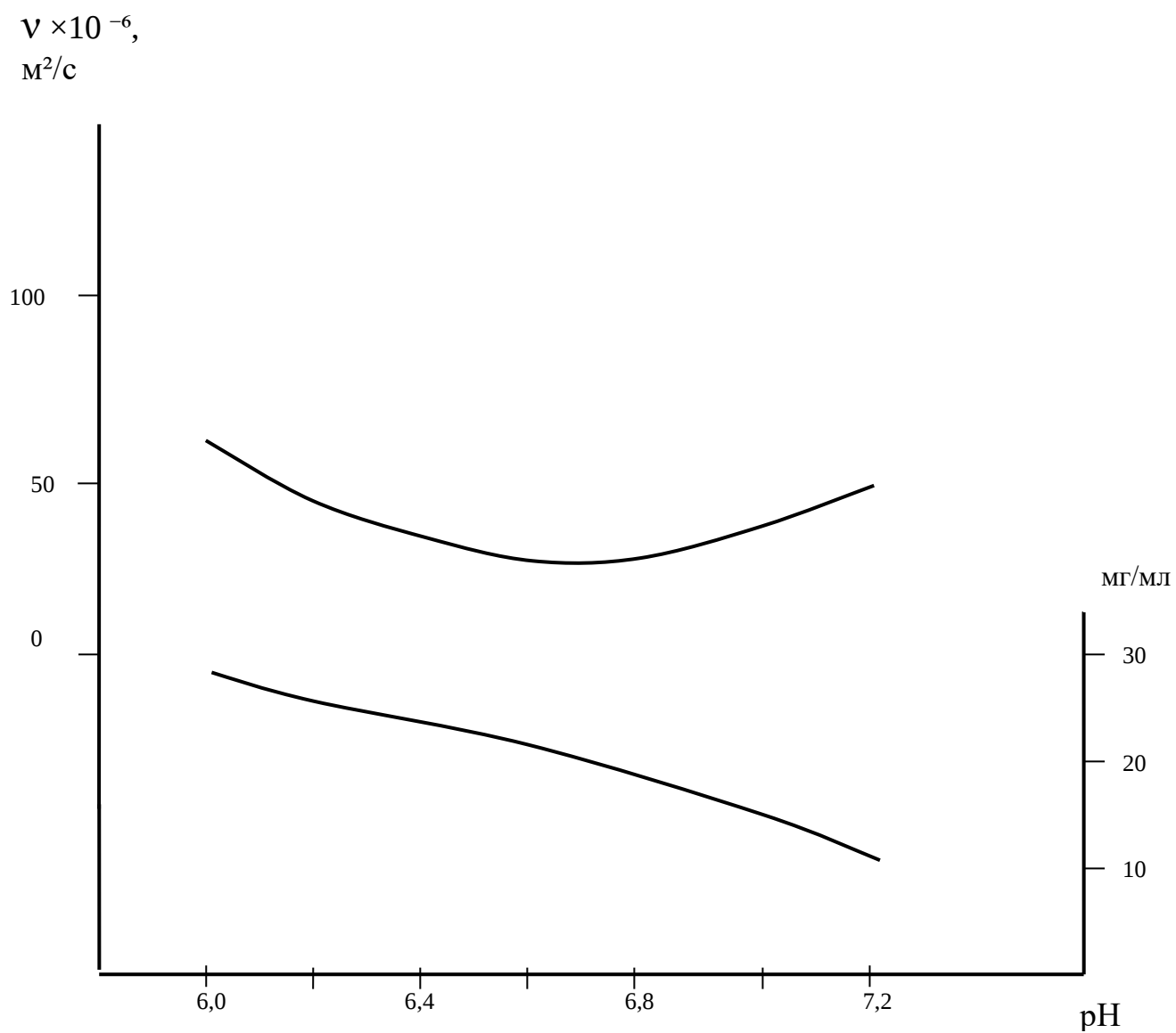


Рисунок 15 - Залежність зміни в'язкості $\text{m}^2/\text{с}$ 18% казеїнового розчину і концентрації продуктів протеолізу розчинних в 12% ТХО при дії МПМП.

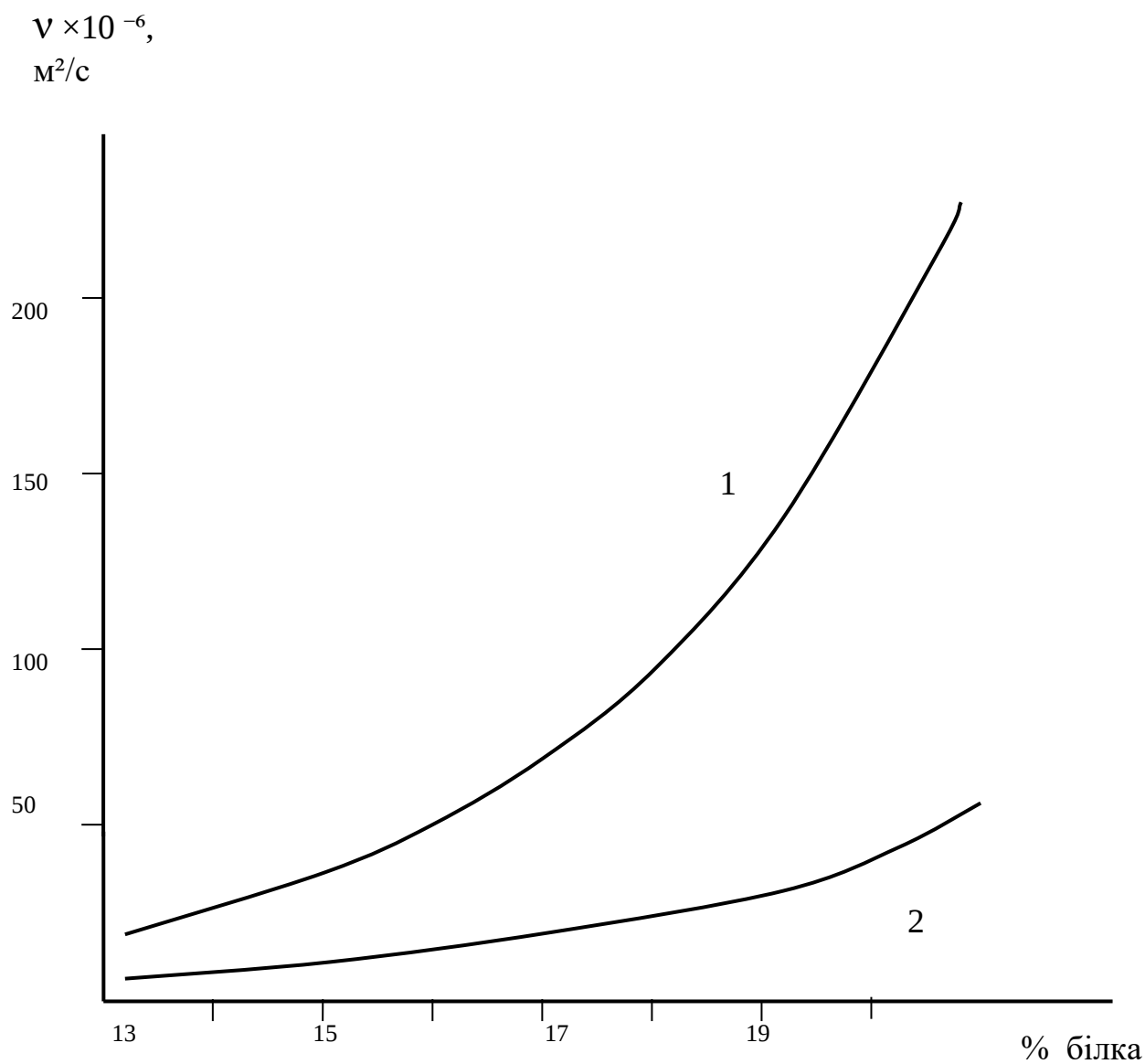


Рисунок 16 - Залежність в'язкості казеїнових розчинів від концентрації білка (1). Значення в'язкості цих розчинів після максимального зниження її ферментним препаратом (2).

3.3 Перетворення казеїнових фракцій в процесі зміни в'язкості казеїнових розчинів

Як видно із представлених раніше результатів, процес зниження в'язкості казеїнових розчинів під дією МПМП супроводжується протеолізом казеїнів і утворенням низькомолекулярних продуктів. Розпад субодиниць казеїну лежить в основі зміни в'язкості. У зв'язку з цим становить інтерес дослідження характеру і ступеня розпаду окремих субодиниць казеїнового комплексу на різних стадіях дії МПМП.

Описано багато методів розділення казеїну на субодиниці і їх ідентифікації [17, 39]. Одним із найбільш ефективних методів є електрофорез в поліакриламідному гелі в присутності сечовини. Умови, використані для розділення головних субодиниць казеїну методом електрофорезу, описані [14]. Для електрофоретичного аналізу відбирались проби на різних стадіях дії 0,1% МПМП на 18%-й розчин казеїну при температурі 35°C і рН – 6,6. Результати розділення представлені на рисунку 17.

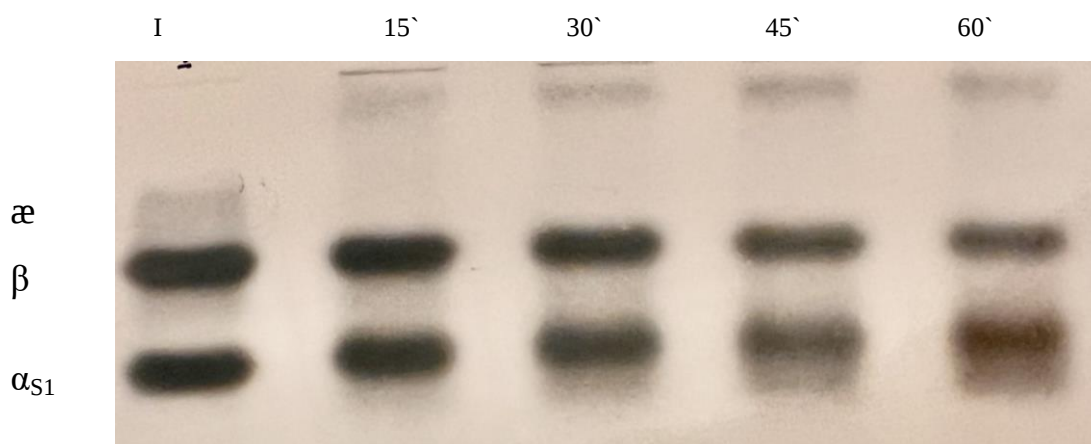


Рисунок 17 - Електрофореграма вихідного розчину казеїну I і того ж розчину після різного часу дії 0,1% ферменту. Проби відбирали з інтервалом 15 хвилин.

На електрофореграмі показано характерне розділення казеїнового комплексу на субодиниці. Найбільш рухома в лужному буфері α_{S1} -фракція і мінорні α_{S2} -казеїни, далі слідує β -казеїн і найменш рухомий κ -казеїн. Зразу після початку дії ферменту відбувається протеоліз κ -казеїну і вже на 15-й хвилині він зникає повністю. При цьому появляється фракція продуктів з низькою електрофоретичною рухомістю. Згідно літературних даних, κ -казеїн після його протеолізу багатьма молокозгортальними ферментами втрачає свою рухомість в таких умовах розділення [3]. Однак не виключена можливість утворення таких продуктів як при протеолізі інших казеїнів. Поступово розпадаються α_{S1} -казеїни, особливо β -казеїн.

Продукти їх розпаду володіють більшою електрофоретичною рухомістю і знаходяться на електрофореграмі перед α_{S1} -казеїном. Як нам було показано раніше, на 15-й хвилині дії ферменту на 18% казеїновий розчин досягається майже мінімального значення в'язкості. І тим часом закінчується розпад κ -казеїну. Подальший протеоліз призводить до незначного зниження в'язкості і тоді вона знову починає збільшуватись (рис.14).

Для визначення стану субодиниць казеїну в момент мінімуму використовувалась гель-фільтрація на двох етапах сафадекса G-25, G-150. Результати розділення вихідного 18%-го казеїнового розчину і після дії на нього протягом 15 хвилин ферменту показано на рисунку 18.

Гель-фільтрація на сефадексі G-25 призводить до відділення високомолекулярних субодиниць казеїну від низькомолекулярних продуктів їх розпаду. Пік I на хроматограмі представляє собою суміш всіх трьох субодиниць казеїну, які елюються з вільним об'ємом колонки. Після нього з колонки елюються низькомолекулярні продукти з великим об'ємом виходу. Продукти протеолізу складають $13 \pm 2\%$ всього білка проби.

Більш інформативною є гель-фільтрація на сефадексі G-150 в дисоційованих умовах в присутності сечовини. Згідно літературних даних, сефадекс G-150 найбільш оптимальний для розділення казеїнів [17].

Нами отримано характерне розділення субодиниць казеїну за допомогою сефадекса G-150 (рис.18.2).

Після зниження в'язкості відбувається помітне зменшення піку α -казеїну, а також незначне зменшення піків II та III (рис.18.2). Появляються низькомолекулярні продукти розпаду з великим об'ємом виходу – пік ТУ.

Отримані результати за допомогою електрофорезу і хроматографії характеризують протеоліз окремих субодиниць казеїну. Проте, сам по собі розпад α -казеїну та інших субодиниць не можна вважати достатнім фактором для зниження в'язкості. Очевидно їх розпад призводить до якихось важливих змін на рівні казеїнових міцел.

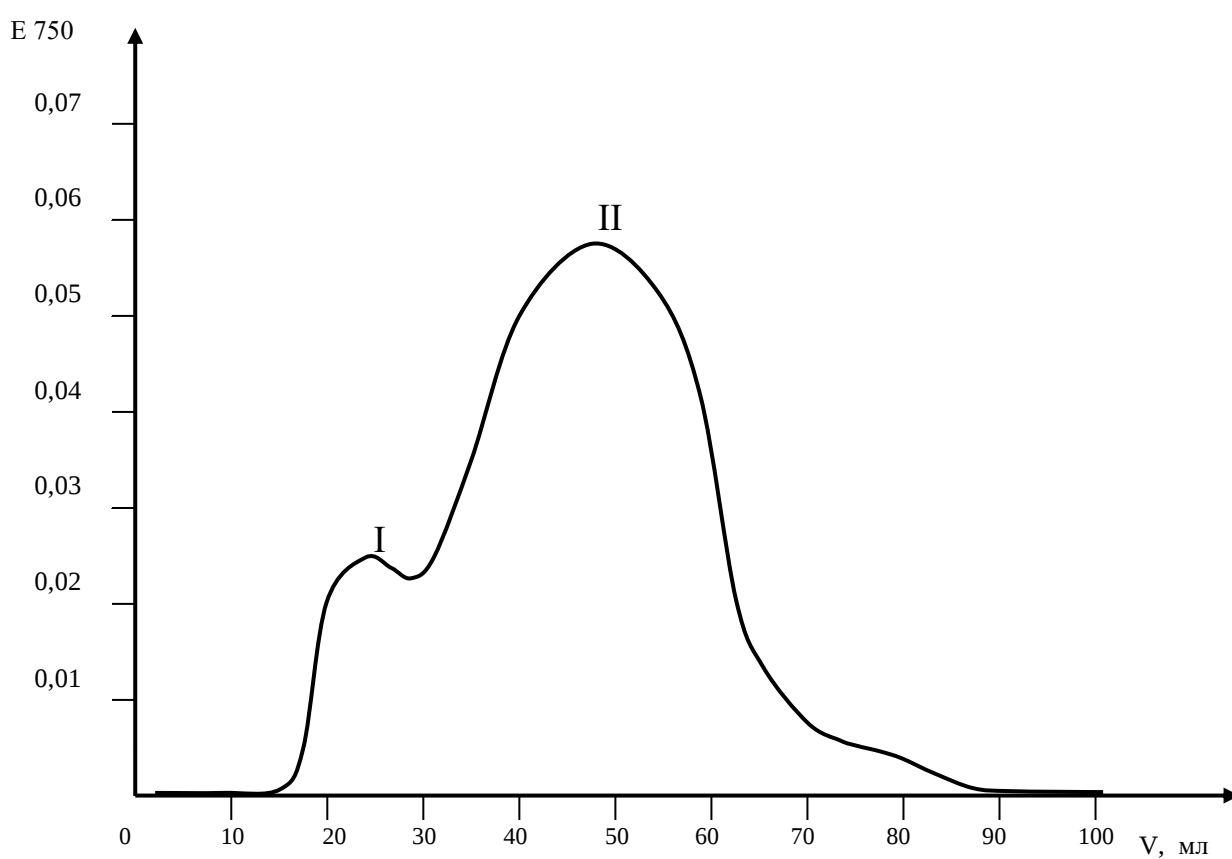
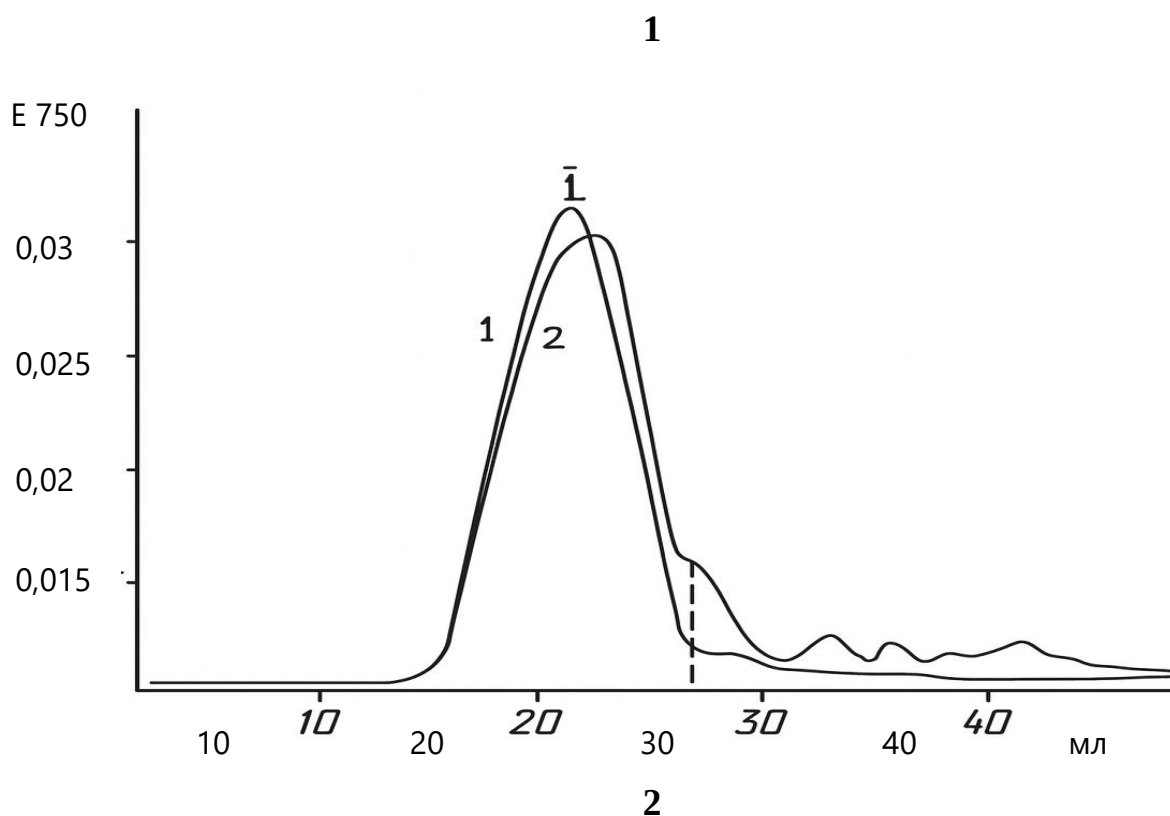


Рисунок 18 - Хроматограми субодиноць казеїну у вихідному розчині (I) і в момент досягнення мінімуму в'язкості (2) під дією 0,1% ферменту отриманого на сефадексі G-25 і G-150.

Для дослідження стану міцел в казеїновому розчині в процесі зниження в'язкості ми застосовували гель-фільтрацію на сефарозі 2В в м'яких умовах.

Результати розділення міцел вихідного 18%-го казеїнового розчину і в момент досягнення мінімуму в'язкості під дією МПМП представлені на рисунку 19. Як видно на графіку рисунку 19, після дії ферменту об'єм виходу казеїнових міцел збільшується, зменшується маса і розміри міцел.

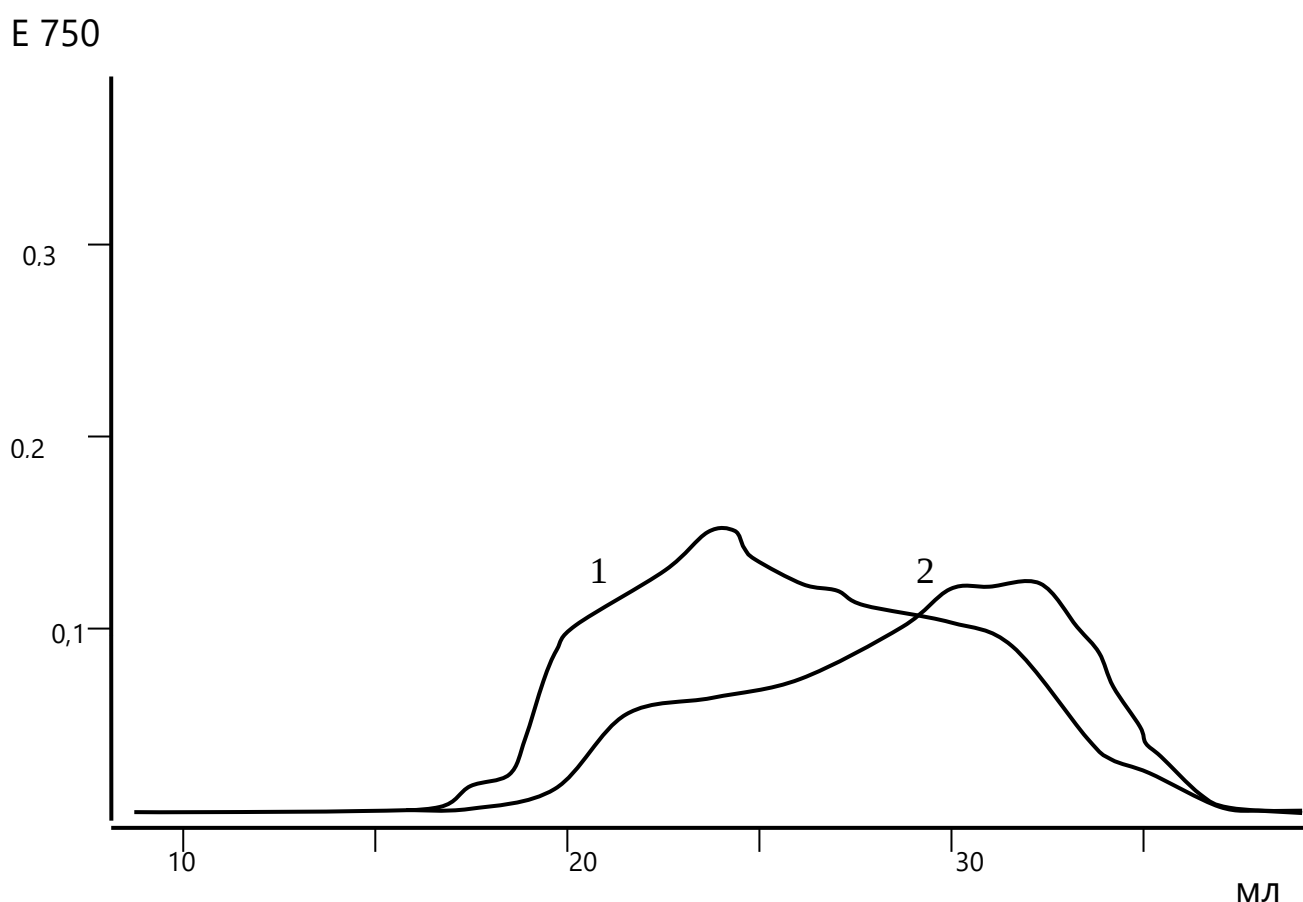


Рисунок 19 - Хроматограми вихідного казеїнового розчину (1) і казеїнового розчину після 15 хвилин дії 0,1% МПМП (2), отримані на сефарозі 2В.

Таким чином, зниження в'язкості казеїнового розчину під дією МПМП супроводжується розпадом κ -казеїну і незначним протеолізом β - та α_{S1} -казеїнів. Протеоліз субодиниць казеїну призводить до значного зменшення розмірів казеїнових міцел. Подальший розпад α_{S1} - і β -казеїнів веде до агрегації казеїнових міцел і підвищення в'язкості казеїнового розчину.

Великий інтерес становить інтерпретація отриманих результатів з використанням знань про структуру казеїнових міцел, а також про дію хімозину на в'язкість молока і розчинів білків казеїнового комплексу.

Під час первинної (ферментативної) стадії дії хімозину на казеїн при згортанні молока відбувається розрив κ -казеїну між 105-м і 106-м амінокислотним залишком. Утворюється два пептиди, один з яких гідрофільний (глікомакропептид) переходить в розчин [29]. Зразу після додавання хімозину в'язкість молока починає знижуватись, досягає мінімуму свого значення і починається зворотній процес. Коагуляція казеїнів відбувається в той момент, коли в'язкість стає вищою вихідного значення. До того часу закінчується розпад κ -казеїну і вихід в розчин його пептидів.

Скотт Блер і Ооствізен вивчали пониження в'язкості в розчинах казеїну до 7% під дією хімозину і сичужного ферменту методами віскозиметрії [41]. Авторами показано, що додавання NaCl 0,5% максимально знижує в'язкість казеїнового розчину. Причому додавання хімозину, після якого не викликало подальшого зниження в'язкості, і навпаки, додавання NaCl після дії хімозину не викликало змін в'язкості. Такі результати були отримані на молоці. 0,2% NaCl викликав максимальне пониження в'язкості молока. Другим цікавим фактом, поміченим Ооствізенем, є незначне пониження в'язкості після додавання в казеїновий розчин продуктів протеолізу κ -казеїну хімозином [41]. В результаті припущено, що при дії хімозину в'язкість знижується за рахунок розпаду або зміни заряду казеїнових міцел. У випадку з NaCl та продуктами протеолізу κ -казеїну пропонується нейтралізація зарядів казеїнової міцели. Проте, автор зазначає, що механізми дії пептидів κ -казеїну та NaCl відрізняються.

Концентровані казеїнові розчини є більш зручною моделлю для вивчення процесів зниження в'язкості при дії молокозгортальних ферментів. Казеїнові розчини раніше застосовувались як моделі для вивчення згортальної та протеолітичної активності ферментів. Згідно огляду літератури, принцип будови казеїнових міцел в розчинах казеїнату натрію при значеннях рН від 6 до 7 в молоці аналогічні. З іншої сторони, як показало нам раніше, процес зміни в'язкості в казеїновому розчині під дією МПМП відбувається аналогічно зміни в'язкості в первинній фазі згортання молока хімозином.

У випадку застосування розчинів з високим вмістом білків казеїнового комплексу 12-18% зміна в'язкості дуже значна і швидкість цієї зміни можна легко регулювати змінюючи концентрацію ферменту. Ці дві обставини дозволили нам більше детально дослідити стан міцел і субдиниць казеїну на різних стадіях зниження в'язкості. Крім того, регуляція в'язкості в таких розчинах може знайти призначення в промисловості.

Таким чином, знизити в'язкість розчинів білків казеїнового комплексу можна наступним чином:

- 1) При дії молокозгортальних протеолітичних ферментів;
- 2) Додаванням NaCl;
- 3) Додаванням пептидів κ -казеїнів.

Обґрунтувати отримані результати, а також літературні дані можна виходячи із властивостей казеїнової міцели. Згідно до субміцелярної теорії, казеїнова міцела складається із субміцел. Субміцели мають діаметр близько 15нм і включають 10-12 мономерів [32]. На поверхні субміцел розміщені в основному гідрофільні ділянки α_{s1} -, β - та κ -казеїнів. В середині субміцела гідрофобна. Субміцели зв'язані між собою колоїдним кальцій фосфатом та утворюють великі міцели.

Враховуючи отримані результати, нам пропонуються наступні пояснення дезагрегації казеїнових міцел і зниження в'язкості при дії молокозгортальних ферментів NaCl та пептидів κ -казеїнів. У всіх випадках зниження в'язкості відбувається в результаті розпаду казеїнових міцел на субміцели. При додаванні NaCl підвищується іонна сила і відбувається дисоціація кальцій-фосфатних

зв'язків. Це підтверджується описаним в літературі виходом в розчин колоїдного кальцій-фосфату при дії NaCl на казеїнові міцели [29]. Пептиди α -казеїну змагаються з α -казеїном, що входить у склад субміцел, за утворення зв'язків з колоїдним кальцій-фосфатом. В цьому випадку спостерігається, як написано вище, лише незначне зниження в'язкості.

Найбільшу дію показують ферменти. При цьому відбувається протеоліз α -казеїну, а також інших казеїнів, розташованих на поверхні субміцел, що беруть участь в утворенні зв'язків між субміцелами. Це в результаті призводить до розпаду міцели на субміцели при порівнянні невеликому протеолізі. Крім того, міцела при розпаді на субміцели втрачає частину колоїдного кальцій-фосфату разом з гідрофільними пептидами казеїнів, а в результаті і воду. Всі ці фактори появляються при незначному протеолізі і призводять до різкого зниження в'язкості на початкових стадіях дії ферменту.

Молокозгортальні ферменти, що понижують в'язкість слабкі і мало знижують в'язкість. Відомі протеолітичні ферменти мікробіологічного походження, які є сильнішими протеолітами. Вони не підходять для виробництва сирів, бо спричиняють втрати білків, але можуть бути використані для регуляції в'язкості казеїнових розчинів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 *Планування робіт щодо охорони праці*

У структурі системи управління охороною праці обов'язково має міститися розділ, присвячений плануванню діяльності в цій сфері. У ньому визначаються заходи, спрямовані на постійне виявлення небезпечних факторів, що можуть загрожувати здоров'ю та безпеці працівників, а також на поступове підвищення рівня захищеності персоналу, виходячи з найбільш важливих і першочергових потреб виробництва.

Перспективне планування охоплює кілька ключових напрямів. Насамперед йдеться про формування комплексної програми вдосконалення умов праці та підвищення її безпеки, яка має бути частиною загального плану економічного й соціального розвитку підприємства. Поряд із цим необхідно розробляти поточний, зазвичай річний, план дій у сфері охорони праці, що включається в однойменний розділ колективного договору. Окремим складником є оперативне планування, яке здійснюється на коротші періоди — щокварталу або щомісяця — та спрямоване на потреби конкретних підрозділів [1].

Важливою складовою СУОП виступає система контролю за тим, наскільки ефективно вона працює. Її структура та наповнення залежать від масштабів виробництва і кількості персоналу. У межах такої системи можуть проводитися адміністративний і громадський контроль, оперативне спостереження з боку керівників та відповідальних осіб, внутрішній аудит з питань охорони праці, а також перевірки, здійснювані фахівцями служби охорони праці й профільною комісією.

Основне призначення цієї системи полягає в тому, щоб своєчасно виявляти та фіксувати аварії, травми й випадки професійних захворювань. Бажано

документувати навіть незначні інциденти, що не призвели до втрати працездатності, адже вони допомагають побачити реальний стан безпеки. Не менш важливо контролювати дотримання працівниками вимог законодавства, слідкувати за своєчасністю проведення обов'язкових медоглядів, навчання та інструктажів з охорони праці. Також система має забезпечувати визначення рівнів шкідливих виробничих чинників, якісний і кількісний аналіз умов праці, а також проведення ідентифікації, технічних оглядів, випробувань і діагностики обладнання та об'єктів підвищеної небезпеки [2].

Незалежно від обраних методів контролю та встановленої періодичності, у роботі системи має брати участь і сам роботодавець. Його залучення до аналізу функціонування СУОП і ухвалення управлінських рішень сприяє оперативному внесенню коректив та впровадженню профілактичних заходів.

Останнім важливим завданням системи управління охороною праці є мотивування працівників і підрозділів до дотримання правил безпеки. Сюди належать як заохочення за належне виконання вимог, так і застосування дисциплінарних заходів до тих, хто порушує норми законодавства чи положення самої системи.

4.1.2 Контроль за станом охорони праці

Контроль за станом охорони праці на підприємстві має бути спрямований на своєчасне виявлення будь-яких відхилень від установлених норм безпеки та вимог законодавства, а також на визначення заходів, які необхідно здійснити для усунення виявлених порушень. Такий контроль охоплює кілька основних напрямів, серед яких триступеневий адміністративно-громадський контроль і перевірки, що проводяться службою охорони праці, включно з комплексним оглядом цехів та інших виробничих підрозділів. Передбачається, що система контролю повинна постійно відстежувати санітарно-гігієнічний стан робочих місць, дотримання вимог правил і інструкцій з охорони праці, а також виконання наказів, планів та

інших розпорядчих документів, що стосуються безпеки. Усі результати перевірок мають застосовуватися для оперативного усунення недоліків і прийняття управлінських рішень щодо вдосконалення системи безпеки [1, 2].

Головну роль у організації такого контролю відіграє триступеневий адміністративно-громадський механізм. Перший рівень контролю здійснюється безпосередніми керівниками виробничих підрозділів — майстрами, начальниками дільниць або змін — разом з уповноваженим трудового колективу. Вони щодня, на початку та впродовж робочої зміни, перевіряють дотримання вимог охорони праці. Особливу увагу приділяють питанням правильного використання спецодягу та засобів індивідуального захисту, відповідності робочих місць нормам безпеки, справності обладнання, наявності захисних огорожень і блокувань, а також правильності використання інструментів та дотримання технологічного процесу. Усі виявлені порушення за можливості усуваються негайно під контролем керівника. Якщо ж власними силами підрозділу це зробити неможливо, керівник доповідає про проблему вищому керівництву. У випадках грубих порушень, які становлять загрозу для працівників або можуть спричинити аварію, роботи зупиняються до повного усунення небезпеки. Дані про перевірки фіксуються в спеціальному журналі, що зберігається у керівника підрозділу, а інформація щодо виявлених порушень доводиться до працівників під час коротких змінних нарад. Наприкінці кожної зміни керівник звітує перед своїм безпосереднім начальником щодо стану охорони праці [4].

Другий ступінь контролю виконують комісії, очолювані начальником цеху. До них входять керівники технічних служб. Такі перевірки проводять раз на тиждень, а результати заносять до журналу, який зберігається у керівника цеху. Якщо комісія виявляє серйозні порушення, що можуть викликати аварійні ситуації або призвести до травмування працівників, робота негайно припиняється до повного усунення проблеми. Отримані результати обговорюються на цехових нарадах, де розглядаються можливості та способи усунення недоліків, а також контролюється хід виконання попередніх рішень. Начальник цеху щомісяця інформує колектив

про загальний стан охорони праці й про те, як виконуються заходи, визначені за результатами другого та третього рівнів контролю.

Третій ступінь контролю здійснюється комісією, яку очолює заступник голови правління підприємства, а до складу входять головні фахівці різних напрямів. Перевірки проводять не рідше одного разу на місяць відповідно до графіка, затвердженого керівництвом підприємства. Результати оформлюються у вигляді актів або розпоряджень, а надалі їх обговорюють під час днів охорони праці на загальних нарадах, де заслуховуються звіти керівників підрозділів, у яких були зафіксовані суттєві порушення вимог безпеки або невідповідність нормам ГОСТів та інших нормативів. Контроль за регулярністю й належною організацією триступеневого механізму в цехах і підрозділах покладається на службу охорони праці, яка відстежує, чи дотримуються всі передбачені процедури та вимоги [4].

4.1.3 Оцінка травмонебезпеки технологічного процесу

Умови праці на виробничих об'єктах галузі справляють суттєвий вплив практично на всі ключові показники виробництва — рівень продуктивності, якість виконання робіт, стан здоров'я працюючих та ступінь їхньої безпеки. Характер та специфіка умов праці безпосередньо залежать від технічного розвитку виробництва, ступеня механізації та автоматизації, рівня оснащення робочих місць і від того, наскільки технологічні процеси відповідають сучасним вимогам та досягненням науки і техніки.

Навіть у межах одного галузевого підприємства можуть одночасно існувати як цілком сприятливі, так і допустимі або несприятливі умови праці. Саме тому аналіз середовища, в якому працює працівник, спрямований на виявлення причин та факторів, що створюють небезпеку під час виконання технологічних операцій. Мета такого аналізу — визначити вплив цих факторів на ризик травматизму, на працездатність і здоров'я працівників, а також розробити шляхи підвищення безпеки виробництва [5].

Відповідно до сучасної гігієнічної класифікації, умови праці розглядають як сукупність характеристик виробничого середовища та параметрів трудового процесу, що впливають на функціональний стан організму людини та її можливість ефективно працювати. До основних елементів, що формують ці умови, належать санітарно-гігієнічні, психофізіологічні та естетичні параметри. Перші з них мають чітко встановлені норми та кількісні показники. Психофізіологічні чинники — робочі пози, фізичні й нервово-емоційні навантаження — поки що не завжди підлягають стандартизованому вимірюванню. Естетичні показники визначають переважно експертним шляхом і стосуються зовнішнього та художнього оформлення робочого середовища.

До несприятливих факторів виробничого середовища належать використання хімічних речовин (пестицидів, гербіцидів, добрив), вплив шуму середньої та високої частоти, який може досягати 90–110 дБА, дія вібрацій, екстремальних температур, теплового випромінювання та інших фізичних і хімічних небезпек. Повністю безпечних технологічних процесів не існує, тому питання захисту працівників розглядається вже на етапах проектування, будівництва й подальшої експлуатації виробництв. Основне завдання — звести до мінімуму ймовірність шкоди здоров'ю при одночасному забезпеченні необхідної продуктивності праці.

Небезпеки на підприємствах формуються під впливом соціально-економічних, організаційно-технічних та природних чинників. Соціально-економічні фактори охоплюють дію нормативно-правових документів, що визначають правила та норми охорони праці. Правові норми регулюють вимоги безпеки й виробничої санітарії, правила організації системи охорони праці, особливі норми щодо праці жінок, підлітків та осіб зі зниженою працездатністю, а також діяльність державних органів нагляду та відповідальність за порушенням законодавства [4, 5].

Організаційно-технічні фактори стосуються стану техніки, обладнання, технологічних схем та організації виконання робіт. Адміністрація підприємств повинна забезпечувати впровадження сучасних засобів безпеки, утримання виробничих приміщень відповідно до санітарно-гігієнічних вимог, правильну організацію робочих місць та надання працівникам засобів індивідуального

захисту. При проектуванні виробничих будівель та технологічних процесів необхідно дотримуватися норм, що регламентують безпечні умови праці. Також на підприємстві повинні регулярно проводитися навчання з охорони праці й інструктажі, а керівництво зобов'язане здійснювати планування заходів із профілактики травматизму.

Природні фактори зумовлені особливостями клімату, рельєфу, геологічної будови та біологічних умов місцевості, де розташовані підприємства. Тому забезпечення оптимального режиму праці та дотримання вимог безпеки повинно враховувати природні впливи.

Дотримання норм безпеки є обов'язковим для всіх учасників виробничого процесу, а порушення цих норм тягне за собою юридичну відповідальність. На рівні держави існують єдині, міжгалузеві та галузеві правила безпеки та виробничої санітарії. Єдині правила поширюються на всі сфери виробництва, міжгалузеві — на окремі види робіт, а галузеві враховують специфіку конкретної галузі. Окрему категорію становлять вимоги щодо застосування засобів індивідуального захисту [2, 4].

Потенційні небезпеки на підприємствах виявляються шляхом аналізу виробничих операцій, умов праці та причин нещасних випадків. Такий аналіз дозволяє встановити закономірності відхилення виробничих процесів від нормального режиму, що зрештою призводить до травмування. Виявлення причин дає можливість формувати комплекс профілактичних заходів та прогнозувати небезпечні ситуації.

Для повного розуміння механізму виробничого травматизму важливо враховувати системну взаємодію людини, машини та виробничого середовища. Ця система має певну стійкість, але може виходити зі стану рівноваги під впливом зовнішніх чи внутрішніх чинників. Людина є ключовим елементом цієї системи і має найбільші адаптаційні можливості, але вони не безмежні. Коли вони вичерпуються, небезпечні та шкідливі фактори починають негативно впливати на здоров'я [5, 6].

Особливе значення у вивченні травматизму має розроблення класифікації причин нещасних випадків. Сучасні методи аналізу з використанням комп'ютерних технологій дають змогу швидко обробляти первинні дані, створювати інформаційні бази та підбирати ефективні профілактичні заходи.

Фактори, що формують безпечні умови праці, поділяють на організаційні, технічні, гігієнічні, психофізіологічні та інші. Їхній вплив різний як за природою, так і за ступенем дії на людину, тому й методи їхнього оцінювання суттєво відрізняються. Безпека праці залежить від стану виробничого середовища, від рівня організації праці, від психологічного клімату в колективі та від індивідуальних особливостей працівника [1, 4, 5].

Статистичні дослідження свідчать, що найбільшу кількість нещасних випадків спричиняють саме організаційні недоліки: незадовільна організація робіт, відсутність інструкцій, низька якість контрольних заходів, порушення режимів праці та відпочинку, неправильна організація робочих місць. На другому місці — психофізіологічні фактори, які пов'язані з особливостями людини, її емоційним станом, недотриманням правил безпеки, відмовою від використання засобів захисту чи роботою в стані алкогольного сп'яніння. Відомо, що у значному відсотку випадків саме людський фактор стає вирішальною причиною травматизму [4, 5, 6].

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Поведінкові реакції населення у надзвичайних ситуаціях

У період надзвичайних ситуацій поведінка людей зазнає істотних змін, і це зумовлено не лише фізичними загрозами, а й значним психологічним напруженням. Нервово-психічні розлади, що виникають у постраждалих, посідають особливе місце в практиці надання допомоги, оскільки супроводжують

як травматичні ушкодження, так і загальний стресовий вплив події. Порушення психіки нерідко вимагають не меншої уваги, ніж безпосередні тілесні травми, адже вони впливають на здатність потерпілої людини діяти, приймати рішення, виконувати вказівки та адекватно сприймати навколишню ситуацію [7].

Катастрофи природного, техногенного чи екологічного характеру можуть створювати такі умови, що за своєю руйнівною дією нагадують воєнні дії. Раптовість небезпеки, руйнування довкілля, втрата житла, рідних або відчуття повної безпорадності — усе це провокує різкі зміни у психоемоційному стані людей. Навіть особи з високою витримкою відчують значне внутрішнє напруження, і в таких обставинах організм реагує мимовільно, інколи неконтрольовано. Подібні реакції є природними, але саме вони стають фактором ризику, тому потребують уваги медиків, психологів та рятувальників.

Найпоширенішим і найнебезпечнішим психічним явищем у масових надзвичайних ситуаціях є паніка. Вона виникає як гостре відчуття страху, що дуже швидко передається від однієї людини до іншої, перетворюючись у некерований процес. Люди підсилено сприймають будь-які події, перебільшують небезпеку, втрачають здатність раціонально оцінювати свої дії та поведінку інших. У стані паніки навіть невеликий поштовх чи крик можуть спровокувати масовий рух, що призводить до жертв. Особливо небезпечним є те, що в умовах дефіциту достовірної інформації простір миттєво заповнюється чутками, емоційними припущеннями, домислами та панічними заявами так званих "очевидців" [7].

Практика ліквідації наслідків численних катастроф показує, що паніка виникає не лише через нестачу інформації, а й через слабку підготовку населення до дій у стресових умовах. Люди звичайно не мають психологічного загартування, не знають, як діяти, не вміють оцінювати реальний рівень загрози. У будь-якому натовпі завжди є окремі особи, які особливо схильні до страху. Такі люди бачать небезпеку там, де її фактично немає, або перебільшують її до фантастичних масштабів. Їхні ірраціональні емоції здатні миттєво «заразити» інших учасників події [8].

Додатковими факторами, що сприяють розвитку паніки, є сильна втома, довге перебування в невизначеності, фізичне виснаження, дефіцит інформації від керівництва та відсутність чіткої організації. За таких умов свідомість людини працює не так активно, як у буденних ситуаціях, а емоції, навпаки, різко загострюються. Спрацьовують імпульсивні, інколи небезпечні реакції, особливо коли небезпека виникає раптово. Групове почуття страху формується на основі індивідуального — спочатку паніку відчуває одна людина, потім це охоплює дедалі більшу частину натовпу. Коли група цілком занурюється в панічний стан, вона перестає діяти як організований колектив і втрачає будь-які ознаки свідомої поведінки.

Організованість, чітке керівництво, взаємна довіра між людьми та психологічна підготовленість суттєво знижують імовірність паніки. Якщо ж цих факторів немає, навіть незначна загроза може перетворитися на масовий психічний спалах страху. Саме тому у надзвичайних ситуаціях так важливо підтримувати порядок, вчасно надавати інформацію та координувати дії людей [7, 8].

Правила поведінки в натовпі

У місцях масового скупчення людей — на концертах, спортивних змаганнях, фестивалях, ринках чи під час великих свят — завжди існує ризик виникнення небезпечних ситуацій. Поки натовп рухається впорядковано й дотримується встановлених маршрутів, він не становить загрози. Однак будь-яка непередбачена подія, навіть незначна перешкода, може миттєво змінити поведінку маси людей та зробити її некерованою. Потрапити під дію неконтрольованої людської хвилі дуже небезпечно навіть для фізично міцних та спокійних людей.

Щоб убезпечити себе, необхідно заздалегідь дотримуватися певних правил. Потрапивши на культурний чи спортивний захід, слід уникати центричних зон, де щільність натовпу найбільша. Жодне видовище не варте ризику, пов'язаного з можливими травмами. Перед початком заходу важливо звернути увагу на шляхи можливого виходу, запасні проходи, евакуаційні маршрути. У критичний момент через знання розташування таких виходів можна врятувати собі життя [7].

Якщо ж людина вже опинилася в густому натовпі, потрібно рухатися в одному темпі з ним, не створювати штовханини і не тиснути на інших. Поштовхи з боків варто стримувати руками, зігнутими в ліктях. Це допоможе зберегти рівновагу та захистити грудну клітку. Щойно з'явиться можливість — бажано обережно вийти з центральної частини натовпу до його краю.

У натовпі необхідно позбутися речей, які можуть стати небезпечними: довгі шарфи, ремені, краватки, прикраси, камери, парасолі, предмети з гострими частинами. Такі речі можуть зачепитися або випадково накинута на шию, спричинивши удушення. Слід застебнути одяг, сховати шнурки, закрити кишені — будь-який вільний елемент може стати причиною падіння чи травми [7].

Одне з головних правил — ніколи не нахилитися за впущеною річчю. Падіння в щільному натовпі надзвичайно небезпечне: людина, що опинилася на землі, фактично втрачає шанс самостійно підвестися. Так само не можна дозволяти, щоб розв'язалися шнурки — вони можуть спричинити фатальне спотикання.

Потрібно постійно орієнтуватися, у якому напрямку рухається натовп. Якщо рух маси переважний у певний бік, варто обміркувати, де розташовані бокові виходи або безпечні проходи, і при першій нагоді вийти з людського потоку. Важливо не рухатися проти натовпу і не виходити на його край, якщо попереду немає надійної опори: бічний тиск може винести людину на стіну, вітрину чи огорожу [8].

Наближення до скляних поверхонь, турнікетів або металевих огорожень є небезпечним, адже натовп може притиснути людину до таких об'єктів і завдати тяжких травм. Також не варто втручатися в сутички чи наближатися до груп агресивно налаштованих людей — такі зони часто стають джерелом раптових панічних хвиль.

Загальний аналіз поведінкових реакцій населення під час надзвичайних ситуацій свідчить, що психоемоційна нестійкість і відсутність підготовленості суттєво ускладнюють дії як окремих людей, так і великих груп. Панічні стани виникають швидко, поширюються стихійно й становлять не меншу небезпеку, ніж сама подія, що спричинила НС. Ефективність подолання кризової ситуації значною

мірою залежить від організованості, наявності достовірної інформації та здатності людей контролювати свої емоції. Значні ризики створює також неправильна поведінка в натовпі, тому знання основних правил безпеки є життєво необхідним. Підготовленість, інформованість і злагоджені дії населення знижують масштаби паніки й допомагають зберегти життя та здоров'я людей у найскладніших умовах [7, 8].

ВИСНОВОК

Для аналізу фракційного складу концентрованих розчинів казеїну (12 і 18%) найбільш оптимальним є метод електрофорезу в поліакриламідному гелі. У порівнянні з хроматографічними методами, електрофорез дозволяє одночасно аналізувати основні фракції казеїнів у 5-ти взірцях. В концентрованих розчинах казеїну добре ідентифікуються фракції α_{S1} - , β -казеїн і κ -казеїнів.

За дії молокозгортального препарату мікробіологічного походження при рН 6,6 відбувається суттєве зниження в'язкості 12 і 18%-х казеїнових розчинів. Мінімум в'язкості досягається в обох розчинах при подібних значеннях ступеню розпаду казеїну.

Процес зниження в'язкості казеїнових розчинів супроводжується розщепленням казеїнових фракцій. В основному це стосується κ -казеїну, який повністю розпадається в момент досягнення мінімуму значень в'язкості.

Запропонований метод пониження в'язкості концентрованих розчинів казеїну може бути корисний при виробництві комбінованих продуктів харчування, а також висушуванні казеїнових розчинів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Батлук В. А. Охорона праці: навч. посіб. / В. А. Батлук, М. П. Кулик, Р. А. Яцюк ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". — 3-тє вид. — Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2011. — 192 с.
2. Бедрій, Я. (ред.) Безпека життєдіяльності. — Львів : Афіша, 1998.
3. Бородай С. В., Бондарчук З. В. Дія ензимних молокозсідальних препаратів на протеїновий комплекс молока. *Biotechnologia Acta*. 2010. Т. 3, № 4. С. 29–36.
4. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи Охорони праці: Підруч. для студ. вищих навч. закл. За ред. М.П. Гандзюка. — К.: Каравела; Львів: Новий Світ-2000, 2003. — 408 с.
5. Желібо, Є. П., Заверуха, Н. М., Зацарний, В. В. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник. — 2002. — С. 104–199, 200–216.
6. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. — Львів: Афіша, 2000. — 350 с.
7. Запорожець, О. І. Безпека життєдіяльності. Розділ 4. Соціально-політичні небезпеки, їхні види та особливості. Соціальні та психологічні чинники ризику. Поведінкові реакції населення у НС. — Львів : Афіша, 1998.
8. Катренко Л.А., Пістун І.П.. Охорона праці в галузі освіти. — Суми: «Університетська книга», 2001. — 339 с.
9. Цісарик О. Й., Білик, О. Я., Мусій Л. Я., Сливка І. М. Хімія і фізика молока: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.]. Львів, 2019. — 200 с.
10. Чагаровський О. П., Ткаченко Н. А., Лисогор Т. А. Хімія молочної сировини: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Одеса : «Сімекс-прінт», 2013. — 268 с
11. Юкало В. Г. Іоннообмінна хроматографія білків казеїнового комплексу в об'ємі. *Медична хімія*. 2001. Т.3, № 4. С. 87-90.

12. Юкало В. Г. Препаративне виділення гомогенного α S1-казеїну. *Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія*. 2001. № 4. С. 52–56
13. Юкало В. Г. Виділення міцел казеїнового комплексу коров'ячого молока. *Біологія тварин*. 2004. Т. 6. № 1-2. С. 397–400.
14. Юкало В. Г. Білки казеїнового комплексу коров'ячого молока та продукти їх протеолізу за дії ферментів молочнокислих бактерій: дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.04 / Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2007. 359 с
15. Юкало В. Г. Електрофорез загального казеїну в анодній системі поліакриламідного гелю. *Ветеринарна біотехнологія*. 2007. №11. С. 246–251
16. Юкало В. Г., Сторож Л. А. Гель-фільтрація казеїнових фосфопептидів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2014. Т.16, № 2 (59), Ч. 4. С. 225–231
17. Юкало В. Г. Лабораторний практикум з хімії та фізики молока і молочних продуктів: навчальний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 176 с
18. Atamer Z., Post A. E., Schubert T., Holder A., Boom R.M. Hinrichs J. Bovine β -casein : Isolation, properties and functionality. A review. *International Dairy Journal*. 2017. Vol. 66. P. 115–125
19. Boland M., Singh H. (eds.). *Milk protein. From expression to food* (Third Edition). London, United Kingdom : Academic Press, 2020. 764 p.
20. Goulding D. A., Fox P. F., O'Mahony J. A. Milk protein: An overview. *Milk protein. From expression to food* / Eds. M. Boland, H. Singh. 3rd edn. London, United Kingdom : Academic Press, 2020. P. 21–98.
21. Crowley S. V., O'Mahony J. A., Fox P. F. The proteins of milk. *Achieving Sustainable Production of Milk. Volume 1: Milk composition*,

genetics and breeding / Ed. N. Van Belzen. Philadelphia, USA : Burleigh Dodds Science Publishing Limited, 2017. 360 p

22. De Kruif C. G., Holt C. Casein micelle structure, functions and interactions. *Advanced dairy chemistry. Volume 1: Proteins* / Eds. P. F. Fox, P. L. H. McSweeney. 3rd edn. New York : Kluwer Academic / Plenum Publishers, 2003. P. 233–276.

23. De Kruif C. G. The structure of casein micelles: A review of small-angle scattering data. *Journal of Applied Crystallography*. 2014. Vol. 47. P. 1479–1489

24. Farrell H. M. Jr., Kumosinski T. F., Thompson M. P., Pulaski P. Calcium-induced associations of the caseins: a thermodynamic linkage approach to precipitation and resolubilization. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1998. Vol. 265, №. 1. P. 146–158.

25. Farrell H. M., Wickham E. D., Groves M. L. Environmental influences on purified κ -casein: disulfide interactions. *Journal of Dairy Science*. 1998. Vol. 81, №.11. P. 2974–2984.

26. Farrell H. M., Wickham E. D., Unruh J. J., Qi P. X., Hoagland P. D. Secondary structural studies of bovine caseins: temperature dependence of β -casein structure as analyzed by circular dichroism and FTIR spectroscopy and correlation with micellization. *Food Hydrocolloids*. 2001. Vol. 15, №4-6. P. 341–354

27. Farrell H. M., Jimenez-Flores R., Bleck G. T., Brown E. M., Butler J. E., Creamer L. K., Hicks C. L., Hollar C. M., Ng-Kwai-Hang K. F., Swaisgood H. E. Nomenclature of the proteins of cows' milk sixth revision. *Journal of Dairy Science*. 2004. Vol. 87, № 6. P. 1641–1674

28. Fox P. F. Brodtkorb A. The casein micelle: historical aspects, current concepts and significance. *International Dairy Journal*. 2008. Vol. 18, Iss. 7. P. 677–684.

29. Fox P. F., Uniacke-Lowe T., McSweeney P. L. H., O'Mahony J. A. *Dairy Chemistry and Biochemistry* (Second Edition). New York : Springer, 2015. 585 p.

30. Holland J. W., Deeth H. C., Alewood P. F. Proteomic analysis of κ -casein microheterogeneity. *Proteomics*. 2004. Vol. 4, Iss. 3. P. 743–752.

31. Holland J. W., Deeth H. C., Alewood P. F. Analysis of O-glycosylation site occupancy in bovine κ -casein glycoforms separated by twodimensional gel electrophoresis. *Proteomics*. 2005. Vol. 5, Iss. 4. P. 990–1002

32. Holt C., Carver J. A., Ecroyd H., Thorn D. C. Invited review: Caseins and the casein micelle: their biological functions, structures, and behavior in foods. *Journal of Dairy Science*. 2013. V. 96, № 10. P. 6127–6146

33. Horne D. S. Casein micelle structures and stability. *Milk proteins: From expression to food* / Eds. H. Singh, M. Boland, A. Thompson. 2nd ed. Amsterdam, Netherland : Elsevier, 2014. P. 169–200.

34. Huppertz T. Chemistry of the caseins. *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects* / Eds. P. L. H. McSweeney, P. F. Fox. 4th edn. New York : Springer Science+Business Media, 2013. P. 130–160

35. Hyslop D. B. Enzymatic coagulation of milk. *Advanced dairy chemistry. Volume 1: Proteins* / Eds. P. F. Fox, P. L. H. McSweeney. 3rd edn. New York : Kluwer Academic / Plenum Publishers, 2003. P. 839–878.

36. Martin P., Bianchi L., Cebo C., Miranda G. Genetic polymorphism of milk proteins. *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects* / Eds. P. L. H. McSweeney, P. F. Fox. 4th edn. New York : Springer Science+Business Media, 2013. P. 463–514.

37. McSweeney P. L. H., Fox P. F. (eds). *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects*, 4th edn. New York : Springer Science+Business Media, 2013. 548 p.

38. McSweeney P. L. H., O'Mahony J. A. (eds.) Advanced Dairy Chemistry – Volume 1B: Proteins: Applied Aspects, 4th edn. New York: Springer, 2016. P. 498.
39. Sharma N., Sharma R., Rajpud Y. S., Mann B., Singh R., Gandhi K. Separation methods for milk proteins on polyacrylamide gel electrophoresis: Critical analysis and options for better resolution. *International Dairy Journal*. 2021. Vol. 114. 104920.
40. Oosthuisen J.C. Note on the action of rennin on kappe-casein. *S.Atr. J.Agr. Sot.*, 1996, 9, 495 – 498.
41. Oosthuisen J.C. The mechanien of the viscosity reduction in milk and caseinate solution by cheese rennet. *Int. Dairy Congr., Munik*, 1966, D2, 239-246.
42. Payens T.A.J. Casein micceles: the colloidal-chemical approach. *J. Dairy Res.*, 1979, 46, N2, 291-306.
43. Schmidt D.G. Colloidal aapects of casein. *Neth. Milk Dairy J.*, 1980, 34, NI, 42-64.
44. Wang D.F. Creamer L.K., Slatery C., Wand Dresolner G.W. Coro polymere of casein micelles. *Biochemdstry*, 1976, 9, N4, 786-795.
45. Yukalo V. G. Obtaining of casein protein complex fractions from cow milk. *Nutracos*. 2005. № 5. P. 17–19
46. Yukalo V. G., Storozh L. A. Isolation of κ -CN-1P and β -CN-5P fractions from native casein micelles. *The Ukrainian Biochemical Journal*. 2018. Vol. 90, № 4. P. 74–79.
47. Yukalo V. G., Storozh L. A., Datsyshyn K. Ye., Krupa O. M. Electrophoretic systems for the preparative fractionation of proteinsprecursors of bioactive peptides from cow milk. *Food science and technology*. 2018. Vol. 12, № 2. P. 26–32

ДОДАТОК А

Міністерство освіти і науки України
 Тернопільський національний технічний університет
 імені Івана Пулюя
 Маріборський університет (Словенія)
 Технічний університет в Кошице (Словаччина)
 Каунаський технологічний університет (Литва)
 Львівський національний університет
 імені Івана Франка,
 Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
 Луцький національний технічний університет,
 Чернівецький національний університет
 імені Юрія Федьковича,
 Вроцлавський економічний університет (Польща)
 Університет технологій та економіки
 імені Хелени Ходковської (Польща)
 Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове
товариство*



VIII МІЖНАРОДНА

студентська науково - технічна конференція

**"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.**

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

24-25 квітня 2025 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2025

ББК 72+34 (Укр)
М34

Матеріали VIII Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (м. Тернопіль, 24-25 квітня 2025 р.), 2025.- 391 с.

В збірнику друкуються матеріали VIII Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Тернопіль. – ТНТУ ім. І. Пулюя (24-25 квітня 2025 р.) за наступними науковими спеціальностями:

культура і мистецтво; гуманітарні науки; соціальні та поведінкові науки; управління та адміністрування; природничі науки; математика та статистика; інформаційні технології; механічна інженерія; електрична інженерія; автоматизація та приладобудування; хімічна та біоінженерія; електроніка та телекомунікації; виробництво та технології; архітектура та будівництво; аграрні науки та продовольство; сфера обслуговування; транспорт.

Редакційна колегія:

д.е.н. Богдан Андрушків, д.т.н. Олег Ляшук, д.т.н. Ігор Стадник, д.ф.н. Анатолій Довгань, д.ф.н. Андрій Криськов, д.т.н. Володимир Андрійчук, д.т.н. Анатолій Лупенко, к.ф.-м.н. Михайло Михайлишин, д.т.н. Михайло Пилипець, д.т.н. Роман Рогатинський, д.т.н. Петро Стухляк, д.т.н. Михайло Паламар, д.е.н. Наталія Кирич, д.т.н. Микола Підгурський, д.т.н. Микола Приймак, д.т.н. Василь Васильків, д.б.н. Володимир Юкало, д.в.н. Микола Кухтин, д.т.н. Богдан Яворський, к.ф.-м.н. Борис Шелестовський, д.ф.-м.н. Василь Кривень, д.т.н. Павло Марущак, д.е.н. Лілія Мельник, д.е.н. Володимир Фалович, д.т.н. Тетяна Вітенько, д.т.н. Володимир Дзюра, д.т.н. Віктор Барановський, д.ф.-м.н. Михайло Петрик, д.е.н. Роман Шерстюк.

Комп'ютерний набір, верстка та редагування:
науковий секретар Ігор Окіпний

Адреса конференції:

46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

e-mail: snt@tntu.edu.ua

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

Секція:

Хімічна та біоінженерія

УДК 637.147.2

Сікора В. – ст. гр. МЛМ-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РЕГУЛЯЦІЯ В'ЯЗКОСТІ КАЗЕЇНОВИХ РОЗЧИНІВ

Науковий керівник: д.б.н., професор Юкало В. Г.

Sikora V.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

REGULATION OF THE CASEIN SOLUTIONS VISCOSITY

Supervisor: Yukalo V.

Ключові слова: казеїнові розчини, в'язкість, регуляція.

Keywords: casein solutions, viscosity, regulation.

Білки молока складаються з двох великих груп — білків казеїнового комплексу (близько 80%) і білків сироватки молока (близько 20%). Основною функцією казеїнів є забезпечення білкового живлення новонароджених ссавців. Тому казеїн має у своєму складі всі незамінні амінокислоти, які звільняються у процесі травлення. Казеїн відноситься до повноцінних харчових білків. Також казеїни відіграють важливу роль у забезпеченні мінерального живлення, зокрема, це стосується двовалентних іонів кальцію, феруму, магнію і цинку, які входять до складу казеїнових міцел. При цьому ці іони не утворюють кристалів і легко засвоюються у шлунково-кишковому тракті. В останні роки встановлено, що казеїни в процесі травлення, окрім амінокислот, є джерелом великої кількості біоактивних пептидів, які позитивно впливають на організм. Це опіюїдні пептиди, фосфопептиди, імуномодулятори, антигіпертензивні пептиди, антиканцерогенні, антидіабетичні пептиди. Враховуючи всі їх позитивні властивості, казеїни використовуються для збагачення різних харчових продуктів.

Проте при цьому виникає проблема, яка пов'язана з високою в'язкістю їх розчинів. Це є лімітуючим фактором при виробництві і застосуванні казеїну в харчових продуктах. Для зниження в'язкості казеїнових розчинів можна використовувати зміну рН, іонної сили, модифікацію функціональних груп казеїнових фракцій, але часто ці підходи не дозволені в харчових технологіях. Досить ефективно знижувати в'язкість можна за дії протеолітичних ферментів. Але в таких дослідженнях раніше використовували протеолітичні ферменти з високою активністю, що негативно впливало на органолептичні властивості, а також призводило до втрати білка за рахунок інтенсивного протеолізу. Тому метою нашої роботи було дослідити можливість зниження в'язкості казеїнових розчинів за дії сичужного ферменту, який здатний розщепляти κ-казеїн і ефективно впливати на реологічні властивості. Отримані результати показали, що застосування сичужного ферменту дозволяє в 2–3 рази знизити в'язкість концентрованих розчинів казеїну. При цьому ступінь розщеплення казеїну не перевищує 5%.