

# Якість полікомпонентних згустків, одержаних термокислотним осадженням білків молока

Т. ПШЕНИЧНА, аспірант  
О. ГРЕК, О. ОНОПРІЙЧУК, кандидати техн. наук  
В. ПАСІЧНИЙ, докт. техн. наук  
Л. ЧУБЕНКО, інженер I категорії  
Національний університет харчових технологій

**Анотація:** Визначено реологічні та фізико-хімічні показники полікомпонентних згустків, одержаних термокислотним осадженням білків молока. У якості активного коагулянта представлені органічні кислоти ягідної сировини. Результати досліджень показали, що ефективна в'язкість полікомпонентних згустків зростає зі збільшенням кількості внесення ягідного коагулянту до 11 % з вмістом органічних кислот 0,33 % та зниженням його активної кислотності до 2,4. Попередньо зазначені параметри ягідного коагулянту спричиняють збільшення виходу згустка в середньому на 25,5 %, вологостримуючої здатності на 10,8 % та зниження масової частки вологи на 1,3 % порівняно з контролем. Розроблено шкалу для оцінки консистенції білково-ягідних згустків і узагальнено рекомендації щодо застосування їх, як основи, у виробництві сиркових виробів.

**Ключові слова:** фізико-хімічні показники, реологічні показники, полікомпонентні згустки, органічні кислоти, термокислотна коагуляція, ефективна в'язкість.

**Quality indicators of polycomponent clots obtained by thermo acid coagulation of milk proteins.**  
TETIANA V. PSHENYCHNA, OLENA V. GREK, OLENA O. ONOPRIICHUK, VASILIIY M. PASICHNY, LARISA M. CHUBENKO (National University of Food Technologies, Kyiv).

**Abstract.** The rheological and physical-chemical indicators of polycomponent clots obtained by thermal acid coagulation of milk proteins were determined. Organic acids of berry raw materials are presented as an active coagulant. Research results showed that the effective viscosity of polycomponent clots increases with an increase the amount of berry coagulant applied to 11 % with an organic acid content of 0,33 % and a decrease its active acidity to 2,4. The above parameters of berry coagulant cause an increase in the yield of clot an average on 25,5 %, a water-retaining capacity on 10,8 %, and a decrease in moisture

mass fraction on 1,3 % compared to the control. A scale for assessing the consistency of protein-berry clots was developed and recommendations on their use as a basis in the production of curd products were generalized.

**Key words:** p physical-chemical indicators, rheological indicators, polycomponent clots, organic acids, thermo acid coagulation, effective viscosity.

Розширення випуску молочно-білкових виробів за інтенсивними технологіями — актуальне завдання сьогодення. Одна з них — термокислотний спосіб коагуляції білків молока, який, порівняно з кислотним, дає змогу ефективніше використовувати не лише казеїн, а й сироваткові білки молока, для підвищення біологічної цінності продуктів. Відомі технології із згаданим способом, що забезпечують не лише раціональне перероблення молочної сировини, а й поєднане використання інгредієнтів немолочного походження — ягід (чорної смородини, малини, брусниці, журавлини та ін.), у якості коагулянту [1-5].

Однією з головних якісних характеристик ягід є кислотність на рівні 2,4-3,0. Органічні кислоти такої сировини на (93-95 %) представлені в основному лимонною, яблучною, у менших кількостях бурштиною, саліциловою, фосфорною. Згідно з літературними даними загальна їх кількість становить (1,90-3,66 %) [6-8]. Даний вміст є достатнім для застосування ягід, як коагулянта, і проведення термокислотного осадження в молоці. У результаті утворюються білково-ягідні (полікомпонентні)

згустки, які повинні бути максимально наближеними за своєю структурою та фізико-хімічними показниками до молочно-білкових згустків, одержаних за класичною технологією, для запобігання ускладненню проведення технологічних процесів. Потребують додаткових досліджень реологічні характеристики, що дають змогу інструментальними методами визначати основні показники якості білково-ягідних згустків (БЯЗ) під час виробництва, транспортування та зберігання.

Тип структури і механічні властивості БЯЗ визначають їх консистенцію, тому – ефективна в'язкість найбільш чутливий і перспективний показник для оцінки.

**Мета роботи — визначення показників якості полікомпонентних згустків, одержаних термо-кислотним осадженням білків молока ягідним коагулянт (ЯК).**

Основою для виробництва білково-ягідних згустків обрано знежирене молоко з масовою часткою сухих речовин – 9,5 %, білка – 3,5, активною кислотністю – 6,5.

За коагулянт використовували чорну смородину у вигляді пасти – гомогенізованої стерилізованої (ТУ У 15.3-24110704-003:2011) або свіжо виготовленої із дефростованих подрібнених ягід. При використанні в якості коагулянту замороженої сировини – ягоди піддавали дефростації при кімнатній температурі ( $18 \pm 2$ )°C та подрібнювали до однорідного стану (пасти) з розміром часток 200-250 мкм.

На основі попередньо проведених досліджень термокислотне осадження білків молока проводили за

температури ( $75 \pm 2$ ) °C з витримкою ( $2 \pm 1$ ) хв, додаючи ягідний коагулянт (рН  $2,6 \pm 0,2$ ) у кількості від 3 до 11 % з визначеним розрахунковим методом вмістом органічних кислот від 0,09 до 0,33 %, з кроком варіювання 0,12 % [9]. Саме ця кількість внесення органічних кислот по-різному змінює активну кислотність у суміші для забезпечення врівноваженого ізоелектричного стану білків молока у всьому об'ємі на рівні рН 4,6-4,7 і призводить до активного їх коагулювання. Процес коагуляції встановлювали візуально за інтенсивним утворенням пластівців білка і виділенням забарвленої сироватки. Вологі згустки переливали у лавсанові мішечки, піддавали самопресуванню протягом 30 хв, охолоджували до температури ( $4 \pm 2$ ) °C та направляли на зберігання.

Контрольний зразок готували за класичною технологією – в якості коагулянту використовували кислу сироватку з титрованою кислотністю 160 °Т. Її вносили невеликими порціями, підтримуючи температуру коагуляції на рівні ( $90 \pm 1$ ) °C [10].

Реологічні показники БЯЗ визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест 2» з вимірною системою циліндр-циліндр шляхом зняття кривих кінетики деформації (течії). Вимірювання проводили в режимі «а», який був встановлений експериментально з урахуванням структурно-механічних властивостей досліджуваних зразків. Вимірювальний циліндр (ротатор) був вибраний з таким розрахунком, щоб градієнтний шар розповсюджувався на всю товщину шару продукту в кільцевому зазорі вимірювального пристрою віскозиметра. Вимірювання напруги зсуву  $\tau$  (Па) здійснювали



при дванадцяти значеннях градієнта швидкості зсуву  $\dot{\gamma}$  в діапазоні від 0,55 до 243  $\text{с}^{-1}$  за прямого ходу. Для цього знімали покази  $\alpha$  при максимальному куті відхилення стрілки на шкалі приладу [11-12]. На основі отриманих даних побудовані залежності ефективної в'язкості ( $\eta$ , Па·с) від швидкості зсуву ( $\dot{\gamma}$ ,  $\text{с}^{-1}$ ) білково-ягідних згустків.

Проводили визначення ефективної в'язкості за зростаючих значень частоти обертання циліндра. Досліджувані згустки поміщали в зазор між робочими циліндрами віскозиметра. Вимірювання здійснювали за температури  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Крім того були досліджені основні показники якості – органолептичні та фізико-хімічні (активна кислотність, масова частка вологи, вологоутримуюча здатність), які мають вплив на структурно-механічні властивості БЯЗ. Масову частку вологи визначали шляхом висушування зразка до постійної маси. Активну кислотність усіх зразків вимірювали на потенціометричному рН-метрі РВ-20 Sartorius; вологоутримуючу здатність БЯЗ визначали методом Грау-Хамма в модифікації А.А. Алексєєва, заснованому на визначенні кількості (маси) води, що виділяється з продукту при легкому пресуванні його та поглинається фільтрувальним папером [13].

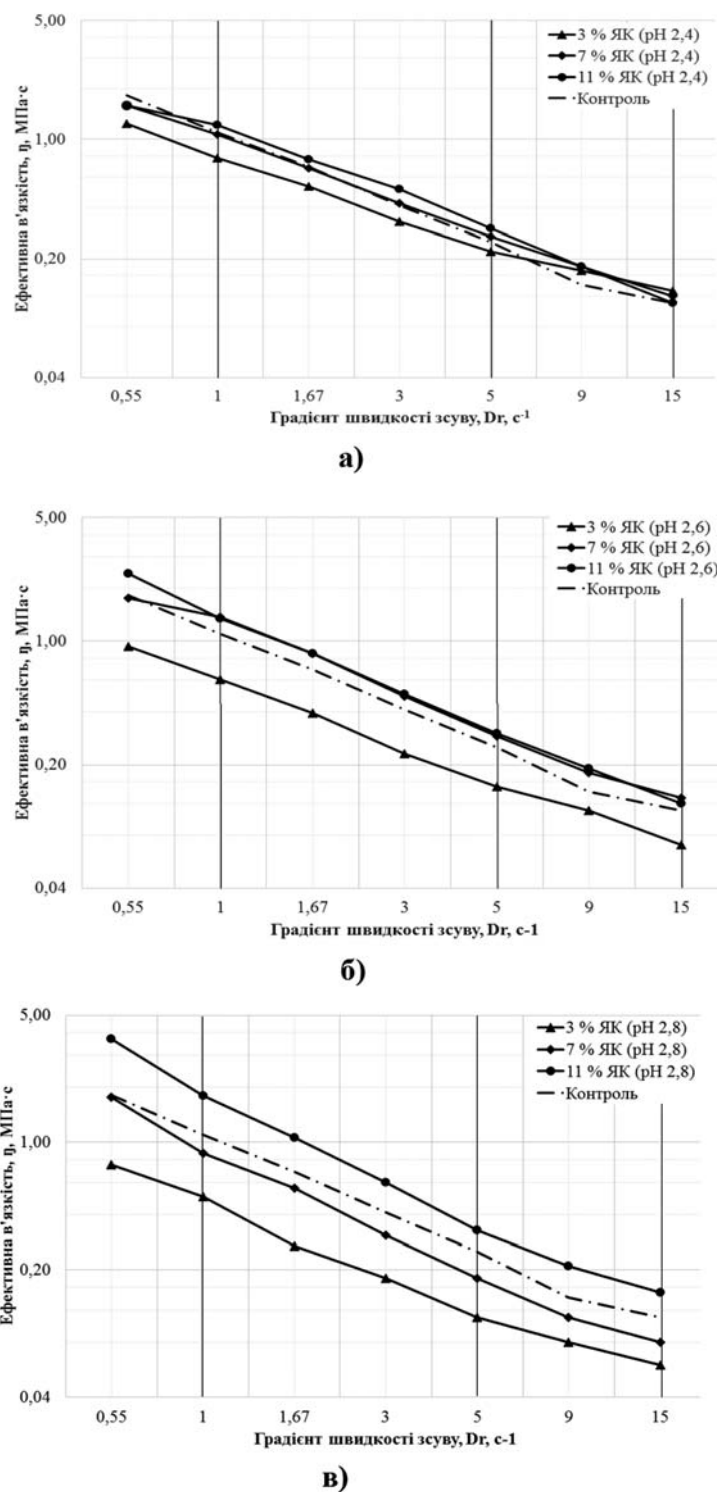
### Результати досліджень

Структурно-механічні властивості БЯЗ визначаються характером зв'язків, що виникають між білковими частинками при формуванні структури. Їх можна віднести до тиксотропних структур, у яких при підвищенні швидкості зсуву зменшується ефективна в'язкість, оборотні зв'язки відновлюються після порушення структури згустка.

Реологічні криві, представлені на рис. 1 (а, б, в), побудовані за одержаними результатами та описують вплив швидкості зсуву на ефективну в'язкість полікомпонентних згустків, утворених термокислотним осадженням білків молока.

Характер зміни кривих вказує на те, що досліджувані молочно-білковий та білково-ягідні згустки за структурою є псевдопластичними і у всьому діапазоні швидкостей зсуву від 0,55  $\text{с}^{-1}$  до 15  $\text{с}^{-1}$  течуть як

аномальні в'язкі рідини. Ефективна в'язкість білково-ягідних згустків при одних і тих же умовах зростає зі збільшенням кількості внесення ягідного коагулянту до 11 % з вмістом органічних кислот 0,33 % та зниженням його активної кислотності до 2,4. Ймовірно, це пов'язано зі зниженням масової частки вологи білково-ягідних згустків від 77,6 до 67,96 %, а також зі змі-



**Рис. 1. Вплив градієнта швидкості зсуву на ефективну в'язкість білково-ягідних згустків залежно від кислотності: а) рН 2,4 б) рН 2,6 в) рН 2,8**

ною їх просторової структури, яка утворюється в результаті безпосередніх фазових контактів зчеплення частинок новоутвореної фази – казеїнаткальційфосфатний комплекс та складових ягідного коагулянту. Останні відрізняються високою міцністю. Пектинові речовини, як поверхнево-активні сполуки, утворюють міцний каркас, завдяки зближенню гідрофобних метоксильних груп у водному середовищі, а вільні карбоксильні групи дисоціюють на іони, які на поверхні білка взаємодіють з групами – NH<sub>3</sub><sup>+</sup>. Зростання міцності контактів між частками супроводжується виникненням кристалізаційних містків. Структура БЯЗ пружна, щільна, після механічного руйнування зв'язки відновлюються повільно, внаслідок цього в таких системах зменшуються тиксотропні властивості.

За умов внесення ягідного коагулянту в кількості 3 % з вмістом органічних кислот 0,09 % та рН 2,8 білково-ягідні згустки мали менш щільну просторову структуру, виражені синергетичні властивості, легко віддавали сироватку при термомеханічному впливі. У них переважала коагуляційна структура, що утворилася шляхом зчеплення білкових частинок через тонкі прошарки вільної чи адсорбційно-зв'язаної з ними сироватки. Наявність сироваткових прошарків між частинками зумовлює меншу міцність структури та забезпечує пластичність і еластичність.

Таким чином, зміна кількості внесення та активної кислотності ягідного коагулянту має значний вплив на структуру білково-ягідних згустків та призводить до істотних змін реологічних показників.

На реологічних кривих наявні 3 ділянки (рис. 1 а, б, в). Різне падіння ефективної в'язкості в 1,5-2 рази спостерігається в діапазоні швидкості зсуву (0,55-1) с-1.

Воно зумовлено тим, що білково-ягідні згустки утворюють безперервну трьохвимірну коагуляційну структуру під дією Ван-дер-ваальсових сил зчеплення. Процес відбувається шляхом взаємодії між білковими глобулами казеїну і сироваткових білків з пектиновими речовинами ягідного коагулянту через прошарки забарвленої сироватки. При низьких швидкостях текучість БЯЗ змінюється шляхом ковзання по тонких прошарках сироватки. Опір текучості в цьому випадку незначний, що спричиняє зниження ефективної в'язкості БЯЗ на 0,32-1,89 МПа·с при швидкостях зсуву до 1 с-1.

На другій ділянці в діапазоні швидкості зсуву (1-5) с-1 спостерігається неньютонівська текучість в'язкої системи БЯЗ та руйнування структури, яка частково відновлюється. На третій ділянці при великих значеннях швидкості зсуву (5-15) с-1 ефективна в'язкість БЯЗ змінюється на 0,03-0,07 МПа·с, а криві ефективної в'язкості носять лінійний характер. На руйнування структури значно впливає градієнт швидкості. Тому процес механічної обробки згустка необхідно здійснювати при відносно невеликих обертах мішалок з метою зменшення руйнування структури.

Аналіз реологічних досліджень білково-ягідних згустків показує, що при додаванні ягідного коагулянту в кількості 11 % з вмістом органічних кислот 0,33 % з активною кислотністю на рівні 2,8 і зростання вищевказаного показника від 0,55 до 15 с-1 ефективна в'язкість зменшується від 3,7 до 0,15 МПа·с. Для інших зразків, в середньому, ефективна в'язкість при градієнті швидкості 1,67 с-1 зменшилася в 2 рази, а при 15 с-1 – в 15-20 разів.

Проаналізовані реологічні властивості отриманих БЯЗ достатньою мірою відображають органолептичні показники. Так, зразки, отримані додаванням 11 %





ягідного коагулянту (рН  $2,6 \pm 0,2$ ) з вмістом органічних кислот на рівні 0,33 %, характеризувалися найвищими показниками ефективної в'язкості (1,59-3,7 МПа·с) та мали однорідну, ніжну, розсипчасту консистенцію, що притаманна молочно-білковим згусткам, виробленим традиційним способом. Підвищення в'язкості пов'язано, швидше за все, зі збільшенням вмісту пектинових речовин у згустку, зв'язуванням і перерозподілом вологи в структурі каркаса білкового згустка.

Отримані полікомпонентні згустки із внесенням ЯК в кількості 7 % з вмістом органічних кислот 0,21 % мали однорідну, ніжну мазку консистенцію, яка характерна згусткам, виготовленим сепараторним способом. Модельні зразки, які містили 3 % ягідного коагулянту з 0,09 % органічних кислот характеризувалися як слабкоструктуровані системи. При збільшенні механічного впливу та градієнта швидкості відбувається зменшення міжмолекулярних зв'язків білково-ягідних згустків з подальшим руйнуванням більш дрібних структурних елементів. Зі збільшенням вмісту вологи білковий каркас згустків розсувається, зменшується тертя між сусідніми частинками білка, що спричиняє зниження в'язкості

до 0,75-1,24 МПа·с. За зовнішнім виглядом БЯЗ були не сформованими, з підвищеною масовою часткою вологи (77,6 %), мазкої, слабко в'язкої консистенції. Такі згустки доцільно використовувати в якості основи для виробництва сиркових кремів, мас, десертів та паст.

Дослідні дані реологічних показників корелюються з органолептичним сприйняттям білково-ягідних згустків, утворених термокислотним способом додаванням різної кількості та активної кислотності ягідного коагулянта.

Виходячи із одержаних результатів розроблено шкалу для оцінки консистенції БЯЗ і узагальнено рекомендації щодо застосування їх, як основи у виробництві сиркових виробів.

Різниця між показниками ефективної в'язкості свіжовиготовлених білково-ягідних згустків та після зберігання протягом 72 год за температури ( $4 \pm 2$ ) °С становила від 0,1 до 0,5 %, що лежить в межах похибки.

На наступному етапі досліджено вихід та зміну основних якісних показників (масової частки вологи, активної кислотності, вологоутримуючої здатності) модельних зразків білково-ягідних згустків залежно від кількості та активної кислотності ягідного коагулянту з вмістом органічних кислот 0,09-0,33 %.

Результати досліджень довели, що на вихід білково-ягідного згустка та масову частку вологи впливає кількість внесення коагулянта, рівень рН, що забезпечують органічні кислоти і тривалість термокислотного оброблення білків молока. Збільшення кількості ягідного коагулянту до 11 % з вмістом органічних кислот 0,33 % та зниження рівня його рН до 2,4 спричиняє збільшення виходу БЯЗ в середньому на 25,5 %. Зниження масової частки вологи відбувається на рівні 1,3 %. Такий результат можна пояснити підвищенням пе-

**Шкала оцінки білково-ягідних згустків залежно від кількості ягідного коагулянта та вмісту органічних кислот, як основи для виробництва сиркових виробів**

Кількість внесення ЯК, %	Вміст органічних кислот ЯК, %	Ефективна в'язкість, МПа·с	Органолептичні показники			Застосування
			консистенція	смак і запах	колір	
3	0,09	0,75-1,24	Однорідна, мастка, слабко-в'язка, з незначними включеннями ЯК	Чистий, молочний, із легким ароматом ЯК	Ледь помітний колір ЯК, рівномірний за всією масою	Для виробництва сиркових десертів, кремів, та паст
7	0,2-1	1,20-1,59	Однорідна, ніжна, помірно мастка з незначними включеннями ЯК	В міру відчутний смак та аромат ЯК	Помітний колір ЯК, рівномірний за всією масою	Для виробництва сирків, маси сиркової, тортів, тістечок
11	0,3-3	1,59-3,7	Однорідна, ніжна, розсипчаста із включеннями ЯК	Виразений смак та аромат ЯК	Яскраво виразений колір ЯК, рівномірний за всією масою	Для виробництва формованих сиркових виробів, напівфабрикатів

реходу як казеїну, так і сироваткових білків молока в згусток, а також структуроутворюючих компонентів ягідного коагулянту – харчових волокон та пектину.

Підтверджено вплив активної кислотності ягідного коагулянту на рівень рН білково-ягідних згустків. Встановлена тенденція, що при збільшенні кількості ягідного коагулянту до 11 % та зниженні рівня рН до 2,4, з витримкою термокислотного осадження 3 хв отриманий згусток характеризувався найнижчим показником активної кислотності – 4,4, на відміну від зразка з додаванням 3 % ЯК з рН 2,8 та витримкою коагуляційного процесу 1 хв, який мав найвище значення активної кислотності на рівні 6,02.

Найменше значення вологоутримуючої здатності на рівні 23,51-37,13 % відзначено у БЯЗ, які отримані при наступних умовах термокислотної коагуляції: 3 % ЯК (рН 2,8 та 2,4) з вмістом органічних кислот 0,09 % та з витримкою 1 хв, що пояснюється гідрофільними властивостями ягідного коагулянту, а також величиною іонної адсорбції білків. У ізоелектричній точці, коли ступінь дисоціації молекул білка мінімальний і заряд білкової молекули близький до нуля, здатність білка зв'язувати воду найменша.

### Висновки

Змінюючи кількість внесення ягід у молоко при термокислотному осадженні за класичних умов та регулюючи активну кислотність за рахунок органічних кислот ягідного коагулянту можливо прогнозувати один із важливих показників якості – ефективну в'язкість білково-ягідних згустків.

Встановлено, що при отриманні полікомпонентних згустків збільшення кількості внесення органічних кислот, що входять до складу ягідного коагулянту від 0,09 % до 0,33 % і зниження активної кислотності від 2,8 до 2,4 сприяє підвищенню виходу продукту на 25,5 % та вологоутримуючої здатності на 10,8 % порівняно з контрольним зразком.

Отримані дані дають підстави обґрунтовано проводити механічну обробку білково-ягідних згустків на всіх етапах виробничого процесу за відповідних параметрів з метою зменшення впливу на реологічні характеристики полікомпонентних згустків.

На основі визначених характеристик білково-ягідних згустків розроблено шкалу оцінки залежно від кількості та активної кислотності ягідного коагулянту, що дає змогу отримати згустки з передбачуваними властивостями. Одержані значення показників БЯЗ підтверджують можливість їх використання в якості основи для виробництва різних сиркових виробів на існуючому обладнанні молочних підприємств.

### Література

1. **Щетинин М.П., Кольюгина О.В., Косынкина А.А.** Творожный продукт с ягодными компонентами // *Молочная промышленность*. – 2011. – №10. – С. 59.
2. **Бычкова М.В.** Разработка технологий производства термокислотных сыров с различными коагулянтами // *Ползуновский альманах*. – 2009. – № 2. – С. 92–94.
3. **Gutierrez-Mendez N., Chavez-Gara R., Jimenez-Campos H.** Exploring the Milk-Clotting Properties of a Plant Coagulant from the Berries of *S. elaeagnifolium* var. *Cavanilles* // *Journal of Food Science*. – 2012. – Volume 77, Issue 1 – p. 89 – 94.
4. **Chavez-Garaya R., Gutierrez-Mendez N., Valenzuela-Soto M. et al.** Partial characterization of a plant coagulant obtained from the berries of *Solanum elaeagnifolium* // *CyTA – Journal of Food*. – 2016. – Vol. 14. № 2. – p. 200 – 205.
5. **Shah M.A., Mir S.A., Paray M.A.** Plant proteases as milk-clotting enzymes in cheesemaking: a review // *Dairy Science & Technology* – 2014. – № 94 (1). – p. 5 – 16.
6. **Макаркина М.А., Янчук Т.В.** Характеристика сортов смородины чёрной по содержанию сахаров и органических кислот // *Современное садоводство*. – 2010. – № 2. – С. 9–12.
7. **Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J. et al.** Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2015. – № 16. – p. 24673 – 24706.
8. **Milivojevic J., Rakonjac V., Fotiric Aksic M. et al.** Classification and fingerprinting of different berries based on biochemical profiling and antioxidant capacity // *Pesq. agropec. bras.* – 2013. – V. 48. – № 9. – p. 1285 – 1294.
9. **Grek O., Onopriichuk O., Pshenychna T.** The rationalization of the parameters of milk proteins' thermo acid coagulation by berry coagulants // *Food and Environment Safety, Volume XVI, Issue 1 – 2017, pag. 47 – 53.*
10. **Грек О.В., Скорченко Т.А.** Технологія сиру кисломолочного та виробів з нього: Навч. посіб. – К.: НУХТ, 2009. – 235 с.
11. **Косой В.Д., Дунченко Н.И., Меркулов М.Ю.** Реология молочных продуктов: теория, научные исследования, справочный материал: лабораторный практикум – М.: Дели принт, 2010. – 826 с.
12. «Реотест 2» Инструкция по эксплуатации.
13. **Грек О.В., Ющенко Н.М., Осьмак Т.Г.** та ін. Практикум з технології молока та молочних продуктів: Навч. посіб. – К.: НУХТ, 2015. – 431 с.

