

## ПЕРВИННЕ ОБРОБЛЕННЯ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ РОЗРЯДАМИ

*Кочубей-Литвиненко Оксана Валер'янівна к.т.н., доцент*  
*Чернюшок Ольга Анатоліївна асистент*  
*Риндюк Дмитро Вікторович к.т.н., доцент*  
*Національний університет харчових технологій*  
**Kochubei-Lytvynenko O.**  
**Chernyushok O.**  
**Rindyuk D.**  
*National University of Food Technologies*

**Анотація:** стаття присвячена проблемі первинної переробки сироватки молочної та перспективам її оброблення електричними розрядами. Експериментальними дослідженнями та методами математичного й статистичного аналізу, підтверджено доцільність використання електричних розрядів в технології первинного оброблення сироватки молочної.

Доведено, що після оброблення електричними розрядами середній гідродинамічний діаметр частинок сироватки молочної зменшувався з  $(1697,5 \pm 82,38)$  нм до  $(221,34 \pm 10,3)$  нм за максимальної напруги (45 кВ) і кількості розрядів (25). Індекс полідисперсності при цьому знижувався з 1,0 до 0,35 ... 0,40, що характеризує систему як наближену до монодисперсної.

Розрахунковим та експериментальним шляхом доведено підвищення седиментаційної стійкості сироватки молочної після оброблення електричними розрядами за напруги 45 кВ і кількості розрядів 20-25.

Запропоновано технологічну схему первинного оброблення сироватки молочної електричними розрядами.

**Ключові слова:** молочна сироватка, електричні розряди, седиментаційна стійкість, диспергування

### **Постановка проблеми у загальному вигляді**

Наявність білкового осаду (осаджених частинок казеїнового пилу) в натуральній молочній сироватці негативно впливає на технологічність процесу її перероблення. А саме: в результаті теплового оброблення на теплопередаючих поверхнях теплообмінників відбувається осадження частинок білка, що не тільки веде до втрат цінного компоненту, але й знижує ефективність пастеризації, ускладнює миття устаткування.

Очищення сироватки від білка різними способами (сепарування, фільтрування, відстоювання, мембранні методи та ін. [1]), так зване освітлення, дозволяє усунути небажаний осад, але, на жаль, негативно позначається на поживній та біологічній цінності продуктів. Отримання і подальше використання білкового концентрату на підприємствах з невеликими обсягами виробництва, відсоток яких в Україні значний, не раціонально, оскільки витрати перевищують доходи від отриманої продукції.

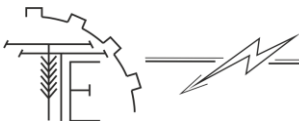
Саме на підприємствах з невеликими обсягами виробництва домінуючою сферою використання сироватки, зокрема з-під сиру кисломолочного, є повернення її сільгоспвиробникам на відгодювання худоби. Як відомо, молочна сироватка є незамінним продуктом для харчування молодняка великої рогатої худоби та свиней саме завдяки вмісту повноцінних білків тваринного походження [1, 2]. Так, за поживністю 14 кг солодкої чи 17 кг кислої сироватки еквівалентні 1 кг ячменю (12,5 МДж обмінної енергії і 11 % сирого протеїну), проте якість протеїну сироватки внаслідок значного вмісту незамінних амінокислот значно вище ніж у ячменя [2]. Тому максимальне збереження білкової складової молочної сироватки є актуальним.

Транспортування та зберігання натуральної сироватки без попереднього оброблення неминує буде супроводжуватись втратами цінної білкової складової внаслідок осадження частинок казеїнового пилу. Тому інтерес представляють дослідження спрямовані на пошук нових способів оброблення молочної сироватки, що дозволяють зберегти в сировині усі цінні компоненти і при цьому забезпечити седиментаційну стійкість системи.

Відомо, що частинки дисперсної фази (в нашому випадку частинки казеїнового пилу) осідають з постійною швидкістю  $u$ , яка дорівнює [3]:

$$u = \frac{2g(p-p_0)r^2}{9\eta}, \quad (1)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння;  $p$ ,  $p_0$  – густина дисперсної фази і дисперсного



середовища відповідно;  $r$  – радіус частинки;  $\eta$  – в'язкість середовища.

Формула 1 показує, що найбільший вплив на постійну швидкість седиментації справлятиме розмір частинки. Звісно, що в багатьох реальних системах, і сироватка не виключення, форма частинок відрізняється від сферичної, тому для таких частинок вводиться поняття середній гідродинамічний радіус (діаметр).

Здатність системи протистояти осіданню частинок характеризується седиментаційною стійкістю. Вона забезпечується різними факторами, залежно від яких розрізняють кінетичну седиментаційну стійкість (КСС) і термодинамічну седиментаційну стійкість (ТСС) [3].

Кінетична седиментаційна стійкість характерна для дисперсних систем з відносно великими частинками і її мірою є величина зворотна константі седиментації ( $S_{\text{сед}}$ ), яка, в свою чергу, визначається швидкістю седиментації (див. формула 1):

$$КСС = \frac{1}{S_{\text{сед}}} = \frac{9\eta}{2r^2(p-p_0)}. \quad (2)$$

Для частинок розміром менше ніж 0,1 мкм до уваги беруть також тепловий рух і дифузію. При цьому під час осідання частинкова концентрація змінюється по висоті стовпа – у верхніх шарах зменшується, а в нижніх – збільшується. Для таких систем характерна термодинамічна седиментаційна стійкість, безпосередньо зв'язана з седиментаційно-дифузійною рівновагою.

В натуральній сироватці розмір частинок сироваткових білків становить до 50 нм, коагульованих частинок казеїнового пилу до 2 – 2,5 мкм [1], тому для даної системи, в першу чергу, слід враховувати кінетичну седиментаційну стійкість.

Як видно з формули 2 КСС буде вищою для частинок меншого розміру.

Отже, вирішити проблему осадження частинок казеїнового пилу в натуральній сироватці можна їх диспергуванням.

#### *Аналіз останніх досліджень і публікацій*

На сьогоднішній день при виробництві харчових продуктів запропоновані способи диспергування, що базуються на використанні різних механічних та фізичних ефектів – розколювання, розтирання, роздавлювання речовин, надшвидке проходження рідини через вузький зазор «сідло-клапан», адіабатне кипіння в вакуумі, дискове розпилювання, гідродинамічна кавітація, ударні, імпульсні, ультразвукові збурення середовища та інші.

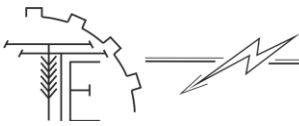
Промислове використання більшості способів диспергування стримується існуючими апаратурно-технологічними можливостями та істотними енерговитратами на їх реалізацію. До того ж практично усі способи, що використовуються в промисловості, вичерпали технічні можливості щодо підвищення ступеня дисперсності частинок продукту. Так, наприклад, при використанні найбільш поширених в молочній промисловості гомогенізаторів клапанного типу жирові кульки подрібнюються до середніх розмірів 1...2 мкм. Підвищення ступеня дисперсності вимагає збільшення тиску та удосконалення конструкцій гомогенізуючих пристроїв, направлене на підвищення турбулентності потоку рідини, посилення кавітації, збільшення швидкості її руху на вході в клапанну щілину тощо [4, 5]. Це веде до додаткових матеріальних та енерговитрат.

Відомі дискові роторні, гідродинамічні пристрої для диспергування, відцентрові, вакуумні гомогенізатори та інше устаткування забезпечують, як правило, подрібнення частинок до середнього розміру 2...3,5 мкм [4 - 6].

Вказаний ступінь диспергування не відповідає нашій меті, оскільки розмір коагульованих частинок казеїнового пилу, що залишаються в сироватці після сквашування чи осадження основного продукту і здатні утворювати небажаний осад, сягає 2...2,5 мкм [1].

До новаторських способів оброблення харчових систем відноситься метод впливу на дисперсну систему, що базується на імпульсному електричному пробіті рідини. Електрогідравлічний ефект (ЕГ-ефект), який при цьому створюється, – це складний комплекс фізичних і хімічних явищ, що виникають під час проходження високовольтних електроімпульсних розрядів у рідині (високий тиск, потужні ударні хвилі, кавітаційні процеси, світлове свічення каналу розряду, іонізація та розкладання молекул речовини в плазмі каналу і біля нього, інтенсивне ультрафіолетове та ультразвукове опромінення, імпульсне магнітне поле). Ці процеси виникають миттєво і призводять до різноманітних фізико-хімічних змін самої рідини і тих складових, які знаходяться в ній [7].

Дія електрогідравлічного ефекту була вивчена ще у 50-ті роки минулого століття Левом Юткіним і розвинута в роботах багатьох дослідників [7-15]. ЕГ-ефект здобув практичне застосування переважно в гірничодобувній, збагачувальній та хімічній промисловості. Однак існує ряд наукових розробок, які доводять доцільність використання даного ефекту з метою інтенсифікації виробництва і поліпшення споживчих властивостей продуктів при виготовленні цукру, крохмалю, інуліну,



фруктози та ін. [9-15].

Відомостей про вплив даного електрофізичного методу на склад і властивості молочної сироватки, а також перспективи його реалізації з метою диспергування коагульованих частинок казеїнового пилу недостатньо.

**Мета роботи** – обґрунтування доцільності використання електрогідролічного способу під час первинного оброблення молочної сироватки.

#### **Матеріали і методи досліджень**

Об'єктом досліджень виступала молочна сироватка з масовою часткою білка 1,0...1,5 %, отримана при виробництві сиру кисломолочного нежирного.

Оброблення молочної сироватки електричними розрядами здійснювали на експериментальному технологічному комплексі, що складається із генератора імпульсних струмів та електророзрядної камери [12]. Напругу при обробленні змінювали в межах 30...45 кВ, кількість розрядів – від 5 до 25 з кроком 5.

Статистичний розподіл розмірів частинок молочної сироватки та електрокінетичний потенціал ( $\zeta$ -potential) досліджували методом динамічного світлорозсіювання на аналізаторі Malvern Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments Ltd., Великобританія) з кутом детектування 173°, гелій-неоновим лазером He-Ne потужністю 4 мВт з довжиною хвилі 633 нм. Всі вимірювання в даному дослідженні здійснювалися за температури 25 °С. Для контролю повторюваності результатів для кожного зразка було виконано не менше трьох-п'яти вимірів. Розподіл за розмірами в одиницях інтенсивності були отримані з аналізу кореляційних функцій з використанням алгоритму General purpose програмного забезпечення аналізатора Zetasizer Software 6.20.

Проводили багатофакторний експеримент з подальшим статистичним обробленням результатів та створенням відповідних математичних залежностей середнього гідродинамічного діаметра та індексу полідисперсності від напруги й кількості електричних розрядів. Математичні залежності представляли у такому загальному вигляді:

$$D = f(V, n) \text{ і } \Pi = f(V, n),$$

де  $D$  – середній гідродинамічний діаметр,  $\Pi$  – індекс полідисперсності,  $V$  – напруга,  $n$  – кількість розрядів.

#### **Результати досліджень, їх обговорення**

При реалізації електрогідролічного ефекту піки на кривих розподілу частинок були, як правило, в таких розмірних рядах: I – до 150 нм, II – 150...500, III – понад 500 нм.

Відмічено, що у вихідній сироватці розмір частинок знаходився переважно в діапазоні понад 500 нм, їх об'єм складав 89 %. Середній гідродинамічний діаметр частинок становив  $(1697,5 \pm 82,38)$  нм, індекс полідисперсності – 1,0.

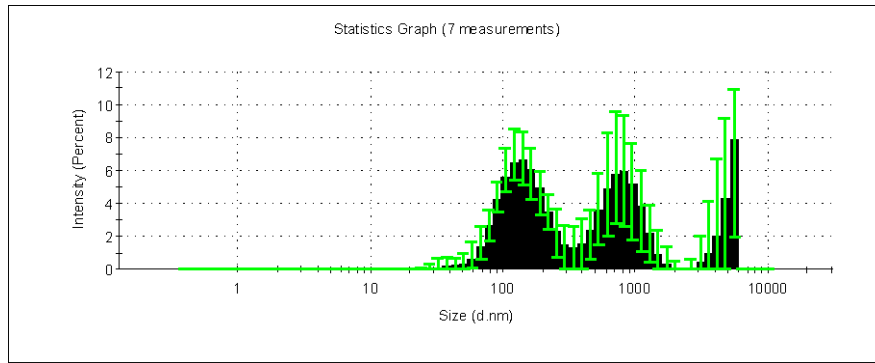
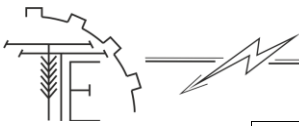
Вивчаючи динаміку перетворень дисперсної фази сироватки внаслідок диспергування розглянутим способом, встановили залежність розміру частинок від параметрів оброблення, а саме: напруги та кількості розрядів. Відмічено, що за напруги 30 і 35 кВ та кількості розрядів 5...15 диспергування частинок було не істотним. Середній розмір частинок зменшувався лише на 22...30 %. Зі збільшенням напруги і кількості розрядів відмічено зміщення піків на кривих розподілу в бік частинок розміром до 500...1000 нм та зниження середнього гідродинамічного діаметру. Найкращі результати за електрогідролічного оброблення сироватки з-під сиру кисломолочного були досягнуті за напруги 45 кВ і кількості розрядів 20 і 25.

Криві розподілу за розмірами частинок вихідної сироватки та сироватки після електрогідролічного оброблення за напруги 45 кВ і кількості розрядів 20 і 25 наведено на рис. 1.

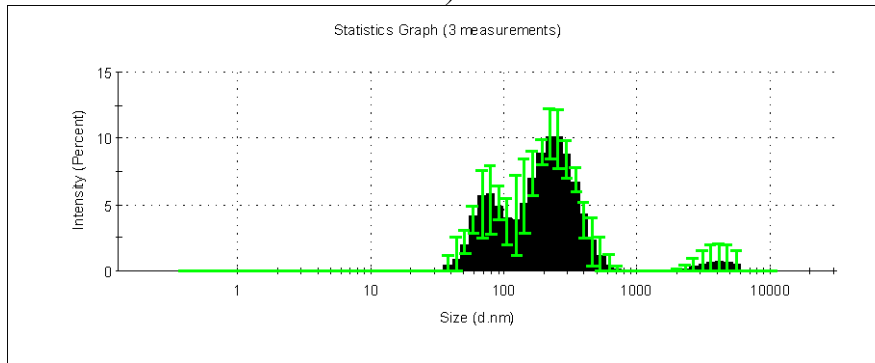
Виявлено, що після оброблення середній гідродинамічний діаметр зменшувався з  $(1697,5 \pm 82,38)$  нм до  $(221,34 \pm 10,3)$  нм за максимальної напруги і кількості розрядів. Індекс полідисперсності при цьому знижувався з 1,0 до 0,35 ... 0,40, що характеризує систему як наближену до монодисперсної. Частинки з розміром понад 500 нм були майже відсутніми.

В результаті статистичного оброблення результатів проведених експериментальних досліджень отримані рівняння регресії, що описують вплив параметрів електрогідролічного оброблення на характеристики ступеня дисперсності системи – середній гідродинамічний діаметр і індекс полідисперсності. Графічне відображення отриманих рівнянь має вигляд поверхонь відгуку (рис. 2).

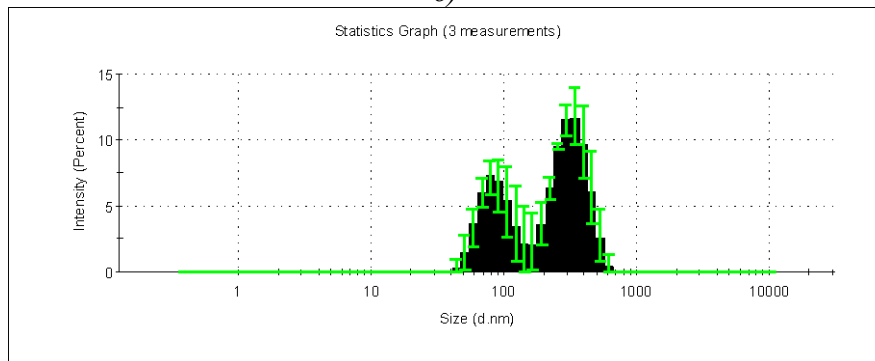
Математичне і статистичне оброблення даних підтвердило суттєвий вплив напруги  $V$  та кількості розрядів  $n$  на ступінь дисперсності частинок і дозволило встановити раціональні параметри електрогідролічного оброблення: напруга 45 кВ і кількість розрядів 20...25.



a)

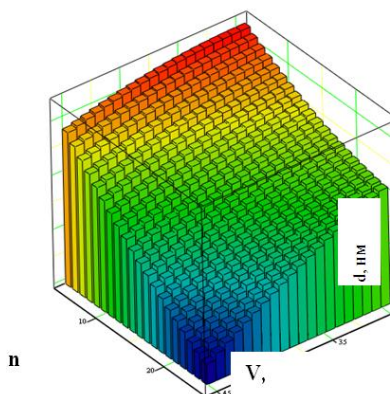


б)



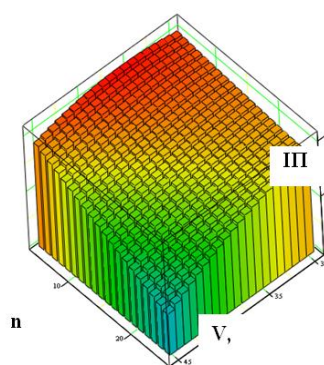
в)

**Рис. 1.** Розподіл за розмірами частинок молочної сироватки до (а) та після електрогідравлічного оброблення за напруги 45 кВ і кількості розрядів 20 (б) і 25 (в)



$$D(V,n) = 71.4116 \cdot V - 2.167 \cdot V \cdot n - 1.01036 \cdot V^2 + 0.8817 \cdot n^2 + 9.283 \cdot n + 681.1$$

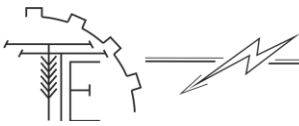
a)



$$\Pi(V,n) = 0.1092 \cdot V - 0.00149 \cdot V \cdot n - 0.0014 \cdot V^2 + 0.000068 \cdot n^2 + 0.03685 \cdot n - 0.947$$

б)

**Рис. 2.** Поверхні впливу напруги та кількості розрядів електрогідравлічного оброблення на середній гідродинамічний діаметр частинок молочної сироватки (а) та індекс полідисперсності (б)



Для оцінювання седиментаційної стійкості частинок сироватки до та після оброблення визначали швидкість осідання частинок і КСС (за формулами 1 і 2), а також об'єм осаду, що відділився внаслідок примусового осадження в гравітаційному полі. Встановлено, що внаслідок зменшення розміру білкових частинок після електрогідралічного оброблення, швидкість їх осідання сповільнювалась у рази, кінетична седиментаційна стійкість підвищувалась. Об'єм осаду в обробленій сироватці зменшувався з  $0,9 \dots 1,1$  до  $0,1 \dots 0,2$  см<sup>3</sup> за напруги 45 кВ і кількості розрядів 20...25. В сироватці, обробленій за напруги 45 кВ і кількості розрядів 20...25, видимий осад білка був відсутнім протягом трьох діб зберігання на відміну від вихідної сироватки.

На користь стабілізації системи та уповільнення процесу осадження частинок сироватки після електрогідралічного оброблення свідчать результати визначення електрокінетичного потенціалу. Так, за напруги 45 кВ в міру збільшення кількості розрядів абсолютне значення  $\zeta$ -потенціалу частинок обробленої сироватки зростало з  $(-0,06 \pm 0,002)$  до  $(-4,02 \pm 0,26)$  мВ (табл. 1).

Таблиця 1

 **$\zeta$ -потенціал частинок молочної сироватки, обробленої електрогідралічним способом**

Показник	Сироватка молочна					
	до оброблення	після оброблення за напруги 45 кВ і кількості розрядів:				
		5	10	15	20	25
$\zeta$ -потенціал, мВ	$-(0,06 \pm 0,003)$	$-(3,22 \pm 0,13)$	$-(3,49 \pm 0,14)$	$-(3,83 \pm 0,10)$	$-(3,72 \pm 0,17)$	$-(4,02 \pm 0,20)$

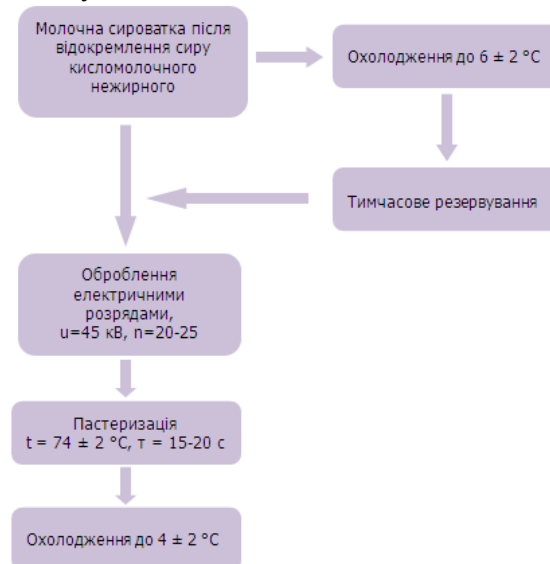
Отримані результати свідчать про підвищення седиментаційної стійкості обробленої молочної сироватки.

На підставі проведених досліджень запропоновано технологічну схему первинного оброблення молочної сироватки з-під сиру кисломолочного нежирного із застосуванням електрогідралічного способу (рис. 3). Оброблення електричними розрядами можна здійснювати одразу після отримання молочної сироватки або тимчасового резервування. Далі сироватку спрямовують на подальше перероблення залежно від виду продукту. На рис. 3 представлено варіант залучення електрогідралічного способу у технологічну схему виробництва сироватки як напівпродукту для хлібопекарської галузі чи годівлі тварин.

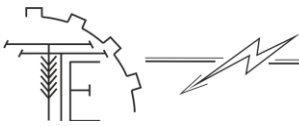
**Висновки**

1. Методом динамічного світлорозсіювання доведено ефект диспергування частинок молочної сироватки за електрогідралічного впливу та його залежність від параметрів оброблення, а саме: напруги і кількості розрядів.

2. Встановлено, що після оброблення електричними розрядами середній гідродинамічний діаметр частинок молочної сироватки знижувався з  $(1697,5 \pm 82,38)$  нм до  $(221,34 \pm 10,3)$  нм за максимальної напруги і кількості розрядів. За напруги 45 кВ і кількості розрядів 20...25 система наближалась до монодисперсної, кількість частинок з розміром понад 500 нм була практично відсутня. Індекс полідисперсності знижувався з 1,0 до 0,4.



**Рис. 3. Технологічна схема первинного оброблення молочної сироватки електричними розрядами**



3. Дисперсійний аналіз, розрахунки швидкості осадження та кінетичної седиментаційної стійкості, результати примусового осадження частинок в гравітаційному полі, динаміка  $\zeta$ -потенціалу засвідчили підвищення седиментаційної стійкості обробленої молочної сироватки.

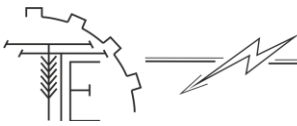
4. Електрогідравлічний спосіб доцільно використовувати в лінії первинного оброблення сироватки з метою зниження втрат білка та розширення технологічних можливостей перероблення сироватки з-під сиру кисломолочного. Рациональний режим оброблення – напруга 45 кВ, кількість розрядів – 20...25.

#### Список літератури

1. Храмов А.Г. Феномен молочной сыворотки / А.Г. Храмов – СПб.: Профессия, 2011. – 804 с.
2. Дурст Л., Виттман М. Кормление сельскохозяйственных животных. – Пер. с немецкого. – Под ред. Иббатуллина И.И., Проваторова Г.В. – Винница, Nova Kniga, 2003. – 384 с.
3. Колоїдна хімія : підручник / М.О. Мchedlov-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Глазкова, О.В. Лебідь ; за ред. М.О. Мchedlova-Петросяна. – Х. : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2012. – 500 с.
4. Нужин Е.В. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография / Е.В. Нужин, А.К. Гладушняк. – Одесса : Печатный дом, 2007. – 264 с.
5. Фиалкова Е.А. Гомогенизация. Новый взгляд: монография-справочник / Е.А. Фиалкова. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 392 с.
6. Орешина М.Н. Ультратонкое диспергирование в технологиях многокомпонентных пищевых систем: монография / М.Н. Орешина, Г. В. Семенов. - М. : МГУПБ, 2009. – 184 с.
7. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л.А. Юткин – Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1986. – 253 с.
8. Гулий Г.А. Высоковольтный электрический разряд в силовых импульсных системах / Г. Гулий, П. Малюшевский. – К.: Наукова думка, 1977. – 176 с.
9. Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів / Соколенко А.І., Українець А.І., Яровий В.Л. та ін. – К.: ПП Люксар. – 2007. – 454 с.
10. Електроіскрові технології в харчовій промисловості: перспективи застосування / І.С. Гулий, А.І. Українець, Ю.О. Дашковський та ін. // Наукові праці НУХТ. – 2002. – № 13. – С. 34 – 39.
11. Українець А.І. Розроблення технологій та апаратури для подовження терміну зберігання харчових продуктів: автореф. д-ра техн. наук: спец.: 05.18.12 «Процеси й обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв» / Українець Анатолій Іванович ; НУХТ. – К., 1999. – 44 с.
12. Маринін А.І. Розроблення та застосування імпульсного електрогідравлічного способу оброблення сировини рослинного походження: автореф. канд. техн. наук: спец. 05.18.12 “Процеси й обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв” / Маринін Андрій Іванович ; НУХТ. – К., 2007. – 20 с.
13. Василів В.П. Розроблення та застосування способу електрогідравлічної інтенсифікації процесів харчових виробництв: автореф. канд. техн. наук: спец. 05.18.12 “Процеси й обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв” / Василів Володимир Павлович ; НУХТ.– К., 2005 – 20 с.
14. Одержання фруктозо-інулоолігосахаридних сиропів з використанням електроімпульсних технологій / Дашковський Ю.О., Попова І.В., Маринін А.І. та ін. // Цукор України. Науково-практичний галузевий журнал. – 2008. - № 3. – С. 26-28.
15. Олишевский В. Влияние электрогидравлической обработки на сокоотружечную смесь сахарной свеклы / Валентин Олишевский, Андрей Маринин // Электронная обработка материалов. – 2013. – № 49. – С.109 – 113.

#### References

1. Hramtsov A.G. Fenomen molochnoy syvorotki / A.G. Hramtsov – SPb.: Professiya, 2011. – 804 s.
2. Durst L., Vittman M. Kormlenie sel'skhozyaystvennykh zhivotnykh. – Per. s nemetskogo. – Pod red. Ibbatullina I.I., Provatorova G.V. – Vinnitsa, Nova Kniga, 2003. – 384 s.
3. KoloYidna hImIya : pIdruchnik / M.O. Mchedlov-Petrosyan, V.I. LebId, O.M. Glazkova, O.V. LebId ; za red. M. O. Mchedlova-Petrosyana. – H. : HNU im. V.N. KarazIna, 2012. – 500 s.
4. Nuzhin E.V. Gomogenizatsiya i gomogenizatoryi: monografiya / E.V. Nuzhin, A.K. Gladushnyak. – Odessa : Pechatniy dom, 2007. – 264 s.
5. Fialkova E.A. Gomogenizatsiya. Novyyiy vzglyad: monografiya-spravochnik / E.A. Fialkova. – SPb. : GIORD, 2006. – 392 s.
6. Oreshina M.N. Ultratonkoe dispergирование v tehnologiyah mnogokomponentnykh pischevykh sistem: monografiya / M.N. Oreshina, G.V. Semenov. - M. : MGUPB, 2009. – 184 s.
7. Yutkin L.A. Elektrogidravlicheskiy effekt i ego primeneniye v promyshlennosti / L.A. Yutkin – L.: Mashinostroeniye, Leningrad. otd-niye, 1986. – 253 s.
8. Gulyiy G.A. Vvisokovoltnyyiy elektricheskyy razryad v silovyykh impulsnykh sistemah / G. Gulyiy, P. Malyushevskiy. – K.: Naukova dumka, 1977. – 176 s.
9. Fiziko-himichniy metody obrobki siroviny I stabilizatsiya harchoviy produktiv / Sokolenko A.I., Ukrainets A.I., Yaroviy V.L. ta In. – K.: PP Lyuksar. – 2007. – 454 s.



10. Elektroiskrovi tehnologiyi v harchoviy promislovosti: perspektivi zastosuvannya / I.S. Guliy, A.I. Ukrayinets, Yu O. Dashkovskiy ta in. // Naukovi pratsi NUHT. – 2002. – № 13. – S. 34 – 39.
11. UkraYinets A.I. Rozroblennya tehnologiy ta aparatury dlya podovzhennya termInu zberIgannya harchovih produktiv: avtoref. d-ra tehn. nauk: spets.: 05.18.12 «Protsesi y obladnannya harchovih, mlkrobIologIchnih I farmatsevtichnih virobnitstv» / UkraYinets Anatoliy Ivanovich ; NUHT. – K., 1999. – 44 s.
12. MarinIn A.I. Rozroblennya ta zastosuvannya Impulsnogo elektrogIdravllIchnogo sposobu obroblennya sirovini roslinnogo pohodzhennya: avtoref. kand. tehn. nauk: spets. 05.18.12 “Protsesi y obladnannya harchovih, mlkrobIologIchnih I farmatsevtichnih virobnitstv” / Marinin Andriy Ivanovich ; NUHT. – K., 2007. – 20 s.
13. VasilIv V.P. Rozroblennya ta zastosuvannya sposobu elektrogIdravllIchnoYi IntensifIkatsIYi protsesIv harchovih virobnitstv: avtoref. kand. tehn. nauk: spets. 05.18.12 “Protsesi y obladnannya harchovih, mlkrobIologIchnih I farmatsevtichnih virobnitstv” / VasilIv Volodimir Pavlovich ; NUHT. – K., 2005 – 20 s.
14. Oderzhannya fruktozo-InuloollGosaharidnih siropIv z vikoristannyam elektroImpulsnih tehnologiy / Dashkovskiy Yu.O., Popova I.V., Marinin A.I. ta In. // Tsukor UkraYini. Naukovo-praktichniy galuzeviy zhurnal. – 2008. - № 3. – S. 26-28.
15. Olishevskiy V. Vliyanie elektrogidravlicheskoY obrabotki na sokostruzhechnuyu smes saharnoY sveklyi / Valentin Olishevskiy, Andrey Marinin // ElektronnaY obrabotka materialov. – 2013. – № 49. – S.109 – 113.

## ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ

**Аннотация:** статья посвящена проблеме первичной переработки сыворотки молочной и перспективам ее обработки электрическими разрядами. Экспериментальными исследованиями, методами математического и статистического анализа, подтверждена целесообразность использования электрических разрядов в технологии первичной обработки сыворотки молочной.

Доказано, что после обработки электрическими разрядами средний гидродинамический диаметр частиц сыворотки молочной уменьшался с  $(1697,5 \pm 82,38)$  нм до  $(221,34 \pm 10,3)$  нм при максимальном напряжении (45 кВ) и количестве разрядов (25). Индекс полидисперсности при этом снижался с 1,0 до 0,35 ... 0,40, что характеризует систему как приближенную к монодисперсной.

Расчетным и экспериментальным путем доказано повышение седиментационной устойчивости сыворотки молочной после обработки электрическими разрядами при напряжении 45 кВ и количества разрядов 20-25.

Предложена технологическая схема первичной обработки сыворотки молочной электрическими разрядами.

**Ключевые слова:** молочная сыворотка, электрические разряды, седиментационная устойчивость, диспергирование.

## INITIAL PROCESSING OF WHEY WITH ELECTRICAL DISCHARGE

**Summari:** the article is about the primary processing of milk whey, in particular, the prospect of whey processing with electric spark discharges. Reasonability of application of electric discharges in whey processing technology is confirmed by experimental researches and mathematical and statistical analysis.

It is demonstrated that the average hydrodynamic diameter of milk whey particles decreased from  $(1697,5 \pm 82,38)$  nanometer to  $(221,34 \pm 10,3)$  nanometer after the processing of electric discharges with a peak voltage of 45 kilovolt and discharge quantity of 25. In this case, polydispersity index decreased from 1,0 to 0,35 describing the system is approximated to a monodisperse system.

Sedimentation stability of milk whey increased after electric discharges processing with a voltage of 45 kilovolt and discharge quantity of 20-25 which was experimentally demonstrated and confirmed with respective calculations.

It is suggested to process the milk whey with electric discharges.

**Keywords:** milk whey, electric discharges, sedimentation stability, dispergation.