

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ЧЕРНЮШОК ОЛЬГА АНАТОЛІЇВНА**

УДК 637.344

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПОЇВ ІЗ СИРОВАТКИ  
МОЛОЧНОЇ, ОБРОБЛЕНОЇ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМИ РОЗРЯДАМИ**

05.18.04 – технологія м'ясних, молочних продуктів  
і продуктів з гідробіонтів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій  
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент

**Кочубей-Литвиненко Оксана Валер'янівна**  
Національний університет харчових технологій,  
доцент кафедри технології молока і молочних  
продуктів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник

**Шурчкова Юлія Олександрівна,**  
Інститут технічної теплофізики  
Національної академії наук України,  
головний науковий співробітник відділу тепломасообміну в  
дисперсних системах

кандидат технічних наук,

**Романчук Ірина Олегівна,**  
Інститут продовольчих ресурсів  
Національної академії аграрних наук України,  
завідувач відділу молочних продуктів та продуктів  
дитячого харчування

Захист відбудеться «04» червня 2015 року о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «    » квітня 2015 року

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Н.О. Бублієнко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Протягом останніх десятиліть в Україні спостерігається тенденція до скорочення поголів'я корів та зменшення обсягів виробництва молока-сировини. Проблема недостатньої кількості сировини для забезпечення потреб населення в молочних продуктах може бути вирішена залученням вторинних молочних ресурсів, зокрема молочної сироватки, обсяги якої за статистичними даними 2014 року в Україні становили близько 2 млн.т.

Проте частка її подальшого перероблення на молочних підприємствах не зважаючи на високу харчову та біологічну цінність, помірну ціну становить лише 25...33 %. Це зумовлено особливістю способів переробки нативної сироватки, зокрема осадженням зкоагульованих частинок казеїнового пилу на теплопередаючих поверхнях теплообмінників, її високою мінералізацією й кислотністю, ускладненням миття устаткування, в першу чергу, безрозбірного, що є обов'язковою умовою сучасного виробництва.

Розробленню технологій перероблення молочної сироватки присвячені численні дослідження А.Г. Храмцова, П.Г. Нестеренка, Н.О. Тихомирової, Т.А. Волкової, Є.Ф. Кравченка, В.Е. Жидкова, І.А. Євдокімова, D.S. Banavara, J.N. De Wit та ін.

Для удосконалення технології сироваткових напоїв, виробництво яких є перспективним напрямом логістики продуктів із молочної сироватки, залучаються методи оброблення, що спрямовані, насамперед, на очищення сироватки від казеїнового пилу. На рівні із низкою переваг, застосування цих методів веде до неповного використання всіх складових нативної сироватки, насамперед, вилучення цінної білкової складової. Оскільки у світі існує дефіцит повноцінного білка у раціоні людей, науковий інтерес мають дослідження, спрямовані на удосконалення технологій та пошук нових способів оброблення сироватки з інтенсифікацією виробництва та отриманням продукту, що містить усі цінні складові, в першу чергу білки.

Перспективним напрямом розвитку способів оброблення сироватки молочної є застосування електрогідралічного методу, результатом дії якого є електрогідралічний ефект (ЕГЕ). Він виникає при проходженні електроіскрових розрядів в рідині. Даний метод був запропонований Л.Юткіним, який вивчив закономірності дії іскрового розряду та обґрунтував можливість його широкого використання в багатьох технологічних процесах. В харчовій промисловості спосіб знайшов продовження в технологіях бурякової сировини [Слива, 2013], інуліну [Попова, 2010], очищення дифузійного соку [Маринін, 2011] та ін.

Враховуючи відсутність технологій оброблення сироватки молочної електроіскровими розрядами та інформації щодо їх впливу на склад та властивості вказаної молочної сировини, проведення досліджень у цьому напрямку є актуальними.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана в Національному університеті харчових технологій (НУХТ) в межах двох держбюджетних тем «Розроблення ресурсозберігаючих технологій молочних продуктів профілактичної дії»

(реєстраційний номер 0112U005376) та «Розробка електророзрядних технологій комбінованого впливу на зміни контамінуючої мікрофлори рідких харчових продуктів» (реєстраційний номер 0111U001049).

**Мета і задачі досліджень.** Метою дисертаційної роботи є удосконалення технології напоїв із сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами, для покращення якості готового продукту.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні **задачі**:

– обґрунтувати доцільність застосування способу електрогідралічного оброблення (ЕГО) сироватки з-під сиру кисломолочного нежирного в технології сироваткових напоїв;

– вивчити дію ЕГО на зміну дисперсності білкових частинок сироватки молочної (СМ) та обґрунтувати досягнення седиментаційної стійкості системи після оброблення електроіскровими розрядами (ЕІР);

– дослідити вплив електроіскрових розрядів на життєдіяльність мікроорганізмів та виявити основні чинники дії на мікробну клітину під час ЕГО;

– визначити фракційний та амінокислотний склад білків сироватки молочної, обробленої електрогідралічним способом;

– встановити та обґрунтувати раціональні режими електрогідралічного оброблення; розробити математичні моделі для прогнозування диспергувального ефекту;

– визначити показники якості та безпеки напоїв із сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами (ЕІР); обґрунтувати гарантовані терміни зберігання готових продуктів;

– розробити проект нормативної документації на напої із сироватки, обробленої електроіскровими розрядами (СМоЕІР) та здійснити промислову апробацію запропонованої технології; провести аналіз економічної ефективності від впровадження.

*Об'єкт досліджень* – технологія напоїв із сироватки молочної, обробленої електрогідралічним способом.

*Предмет досліджень* – сироватка молочна з-під сиру кисломолочного нежирного, оброблена та не оброблена електроіскровими розрядами, напої на її основі; білки та інші складові частини сироватки виготовлених напоїв; показники якості та безпеки досліджуваного продукту.

**Методи дослідження.** В роботі використано аналітичні та експериментальні методи досліджень: фізичні, фізико-хімічні (визначення показників якості та безпеки СМоЕІР, фракційного та амінокислотного складу білків; інструментальні (визначення дисперсності, електрокінетичного потенціалу ( $\zeta$ -потенціалу), вільних радикалів); мікробіологічні (визначення впливу ЕГО на контамінуючу мікрофлору сироватки: загальну кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерії групи кишкової палички (коліформи), патогенних мікроорганізмів), математично-статистичні та математичні (статистична обробка результатів досліджень); медико-біологічні (для визначення гострої та підгострої токсичності).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше запропоновано та науково обґрунтовано спосіб електрогідравлічного оброблення сироватки молочної у технології сироваткових напоїв, що забезпечує технологічність переробки нативної сироватки з-під сиру кисломолочного та формування стійких якісних характеристик напоїв на її основі, подовження термінів зберігання.

Вперше методом динамічного світлорозсіювання вивчено динаміку дисперсної фази сироватки молочної під дією параметрів ЕГО – напруги 30...45 кВ та кількості розрядів 5...25. Встановлено зменшення середнього діаметру частинок сироватки після оброблення від 900...1040 нм до 210...290 нм через перерозподіл частинок розміром понад 500 нм в бік менших розмірних рядів. 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.

Доведено підвищення ступеня седиментаційної стійкості дослідної системи за рахунок використання ЕГО, що підтверджено методом примусового осадження в гравітаційному полі та зміною електрокінетичного потенціалу.

Експериментально підтверджено антимікробну дію ЕГО на контамінантну мікрофлору сироватки. Ступінь бактеріального забруднення знижується зі зростанням напруги та кількості розрядів, досягаючи максимуму за напруги 45 кВ та кількості розрядів 20...25, загальна кількість мікроорганізмів при цьому зменшується на 52...58 %, порівняно з необробленою сироваткою.

Методом математичного моделювання встановлено раціональний режим електрогідравлічного оброблення СМ (напруга 45 кВ, кількість розрядів 20), що забезпечує максимальне диспергування осаджених частинок казеїнового пилу.

Вперше досліджено якісні показники та безпечність використання в харчовій промисловості сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами, що підтверджується відсутністю вільних радикалів, перевіркою на гостру та підгостру токсичність, а також визначенням гранично допустимих концентрацій токсичних елементів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено патенти на спосіб оброблення сироватки молочної та спосіб виробництва сироватки молочної пастеризованої «Особлива».

Розроблено проект технічних умов ТУ У 15.5 - 02070938156:2003 «Напої із сироватки молочної» та технологічну інструкцію на їх виготовлення.

Технологія електрогідравлічної обробки сироватки молочної та напоїв на її основі апробована на ПрАТ «Обухівський молочний завод» (Київської обл.) та ПрАТ «Кагма» (м. Кагарлик Київської обл.), про що свідчать акти та протоколи промислової апробації. Отримані результати впроваджені у навчальний процес для вивчення дисципліни «Моделювання та створення інноваційних продуктів харчової промисловості» (акт від 7.06.2014р.).

**Особистий внесок здобувача** полягає у підборі, систематизації та аналізі літературних даних за темою дисертаційної роботи, постановці задач, плануванні та проведенні експериментальних досліджень, обробленні та

узагальненні отриманих результатів, підготовці матеріалів до публікацій, розробленні проекту нормативної документації й оформленні патентів. Аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено разом з науковим керівником к.т.н., доц. О. В. Кочубей-Литвиненко.

Електроіскрове оброблення сироватки молочної проведено в ПНДЛ НУХТ спільно з к.т.н., с.н.с. В. В. Олішевським та к.т.н., с.н.с. А. І. Мариніним.

Електрофорез сироватки молочної проведено в Навчально-науковому Центрі «Інститут біології», спільно з д.б.н., с.н.с. О. М. Савчуком.

Дослідження *in vivo* сироватки молочної проведено в ДУ «Інститут фармакології та токсикології НАМН України» спільно з провідним науковим співробітником к.б.н. Л. М. Киричок. Математично-статистичний аналіз експериментальних даних проведено спільно з к.ф.-м.н., доц. Н. І. Вовкодав.

Особистий внесок здобувача підтверджується представленими документами й науковими публікаціями.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідались й обговорювались на наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у 21 столітті“ (Київ, НУХТ, 2013р., 2014р.); Всеросійській конференції з міжнародною участю студентів, аспірантів та молодих вчених «Пищевые продукты и здоровье человека» (Кемерово, 2011р.); МНПК «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг » (Харків, ХДУХТ, 2011р.); МНК «Импульсные процессы в механике сплошных сред» (Миколаїв, Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, 2011р.); МНТК «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м’ясної, олієжирової та молочної галузей» (Київ, НУХТ, 2012р.); III науково-практичній конференції «Вода в харчовій промисловості» (Одеса, ОНАХТ, 2012р.); II та III МНПК молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (Київ, НУБіП, 2012р., 2013р., 2014р.); III МНПК посвященої 20-летньому юбилею ГНУ КНІІХП Россельхозакадемии «Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья» (Краснодар, 2013г.); The Second North and East European Congress on Food (Kyiv, Ukraine, 2013); XII МНПК «Инновационные технологии в пищевой промышленности» (Минск, 2013г.); МНПК I Лужские научные чтения « Современное научное знание: теория и практика» (Санкт-Петербург, 2013г.); Международном конгрессе «Питание и здоровье» (Москва, 2013г.).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 26 наукових працях, з них 6 статей у наукових фахових виданнях України, 4 статті у міжнародних фахових виданнях (Росія, Білорусь та Литва), 2 деклараційних патенти на корисну модель, 14 матеріалів конференцій й тез доповідей на міжнародних, всеросійських, наукових, науково-практичних і науково-технічних конференціях та конгресах.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 206 посилань та 11 додатків. Матеріали дисертації викладено на 129 сторінках друкованого тексту, містять 34 таблиці та 26 рисунків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету і задачі досліджень, висвітлено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів та особистий внесок дисертанта. Наведено дані щодо апробації результатів роботи, охарактеризовано структуру роботи.

**У першому розділі** «Актуальні питання перероблення сироватки молочної» проведено аналітичний огляд літератури за темою роботи, зокрема, проаналізовано сучасний стан та перспективи використання молочної сироватки в Україні та світі. Наведено основні причини, через які стримується її промислова переробка.

Розглянуто хімічний склад і властивості молочної сироватки різних видів. Доведено перспективність перероблення сироватки з-під сиру кисломолочного напою із залученням усіх її складових компонентів. Детально проаналізовано електрофізичні способи обробки сироватки та інших харчових продуктів (інуліну, крохмалю, дифузійного соку та ін.), наведено класифікацію електрофізичних методів.

Показано переваги електрогідравлічного оброблення та перспективність його реалізації в технологіях харчових продуктів на прикладі виробництва цукру, інуліну, крохмалю. З'ясовано, що інформація щодо впливу ЕГ-ефекту, який виникає в результаті ЕГО, на склад і властивості сироватки молочної відсутня.

Аналіз наукових публікацій за даною темою дав підстави вважати, що ЕГО молочної сироватки є перспективним способом оброблення сировини для використання усіх її корисних компонентів під час виготовлення напоїв та з метою подовження термінів їх зберігання.

**У другому розділі** «Організація, методологія та методи проведення досліджень» наведено схему досліджень (рис.1). Представлено перелік загальноновживаних, аналітичних, експериментальних та математичних методів досліджень, зображено схему та технічні характеристики експериментальної установки.

Розміри частинок білкової фази та значення електрокінетичного потенціалу сироватки молочної визначали за допомогою комплексної системи аналізу *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.

Кількісний вміст білкових фракцій сироватки молочної після ЕГО проводили методом рідинного електрофорезу в присутності додецилсульфату натрію.

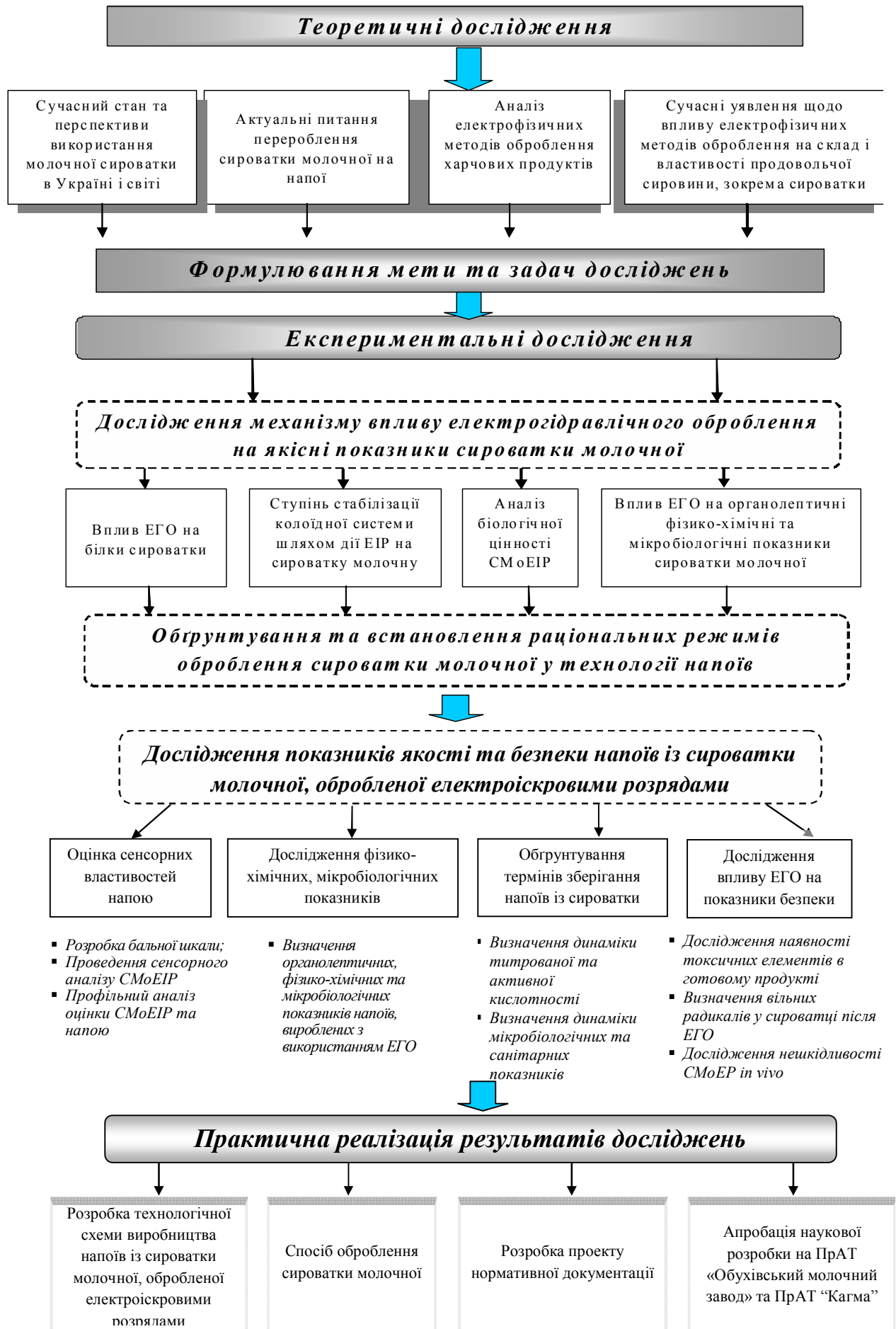


Рисунок 1 – Схема проведення досліджень

Амінокислотний склад визначали методом іонообмінної хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т-339 («*Microtechna*», Чехія).

Перетравлюваність (атакуємість) білків *in vitro* – вдосконаленим методом Покровського і Ертанова. Гідроліз білка проводили під дією системи протеаз: пепсину та трипсину.

Відсутність вільних радикалів в СМоЕІР визначали методом електронного парамагнітного резонансу (ЕІР). За еталон було взято нітрозильний залізовмісний комплекс.

Дослідження нешкідливості сироватки молочної обробленої електроіскровими розрядами, для живих організмів проводили *in vivo* на білих щурах. Гостру токсичність перевіряли одноразовим введенням в шлунки сироватки молочної та СМоЕІР в дозі до 15 см<sup>3</sup>/кг живої маси згідно з Договором співробітництва № 70 від 01.02.2012р.

**Третій розділ** «Дослідження механізму впливу електрогідравлічного оброблення на показники якості сироватки молочної» містить результати всебічного визначення характеристик предметів дослідження та їх математично-статистичну обробку.

Уникнути білкового осаду в сировині та готовому продукті, пригару від казеїнового пилу на гріючій поверхні теплообмінника можна диспергуванням зкоагульованих частинок білка. Для вирішення поставленої задачі в роботі розглянуто можливість використання електричних розрядів при обробленні нативної сироватки.

Для встановлення впливу електрогідравлічного оброблення на білкову фазу сироватки молочної в порівняльному аспекті до та після оброблення оцінювали ступінь дисперсності білкових частинок залежно від напруги та кількості розрядів процесу за допомогою аналізатора *Malvern Zetasizer Nano ZS*.

У нативній сироватці розмір білкових частинок знаходився переважно в діапазоні понад 500 нм, об'єм яких складав 87...91 %. При цьому діаметр частинок, які зустрічалися найчастіше, був близько 2,2 мкм. Після оброблення спостерігалось зменшення середнього діаметру частинок від 900...1040 нм до 210...290 нм за максимальної напруги та кількості розрядів. Слід зазначити, що зі зростанням параметрів оброблення відбувався перерозподіл частинок розмірами понад 500 нм між першим і другим розмірними рядами. За напруги 45 кВ і кількості розрядів 20...25 система наближалась до монодисперсної. Кількість частинок з розміром понад 500 нм була практично відсутня (рис.2), індекс полідисперсності знижувався з 1,0 до 0,4.

Аналіз отриманих даних показав, що криві об'ємного розподілу білкових частинок в молочної сироватці до і після оброблення електроіскровими розрядами, як правило, мали піки в наступних розмірних рядах: перший – 0...150 нм, другий – 150...500 нм, третій – понад 500 нм (рис.3).

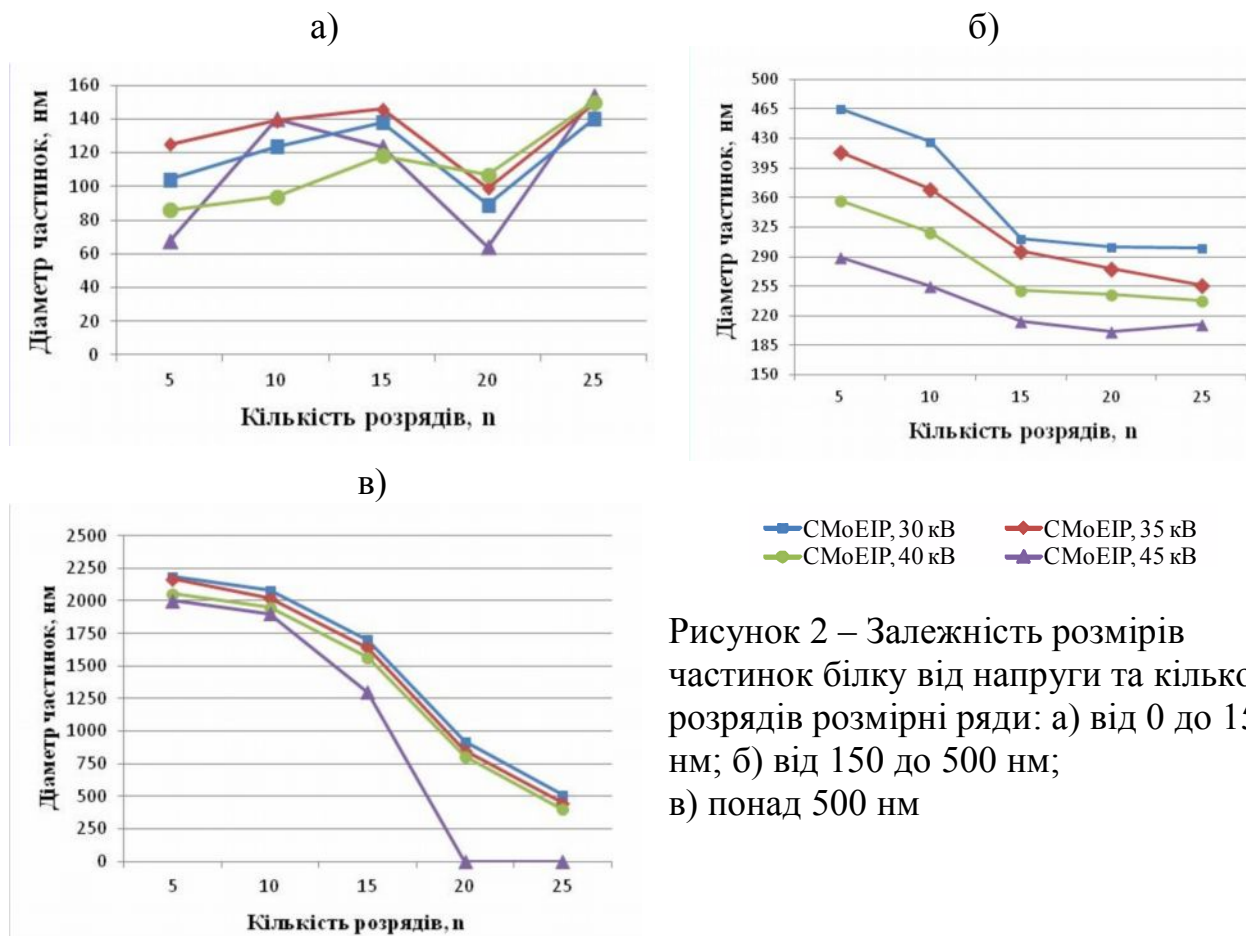
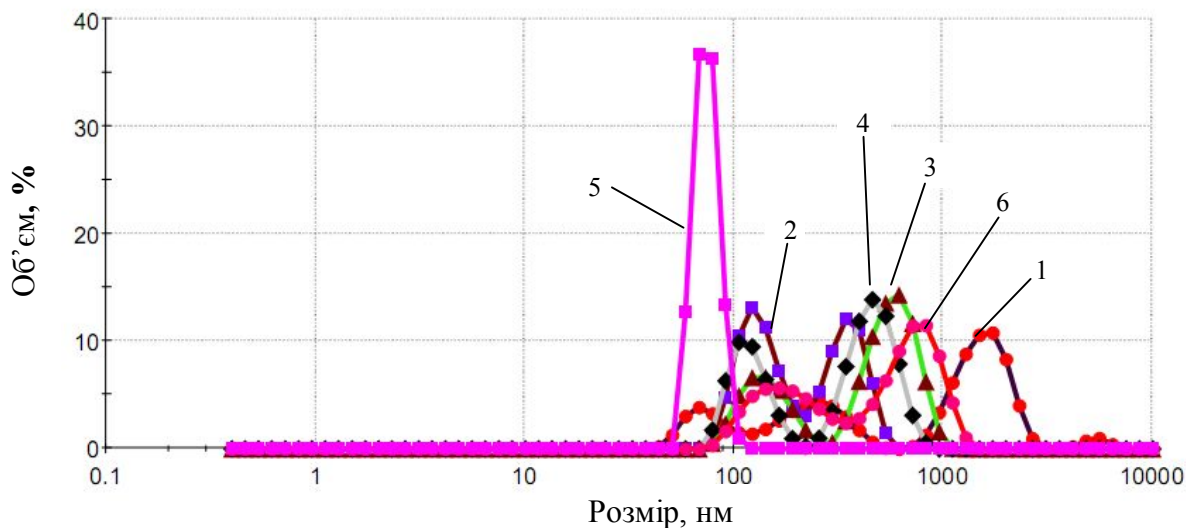


Рисунок 2 – Залежність розмірів частинок білку від напруги та кількості розрядів розмірні ряди: а) від 0 до 150 нм; б) від 150 до 500 нм; в) понад 500 нм



1 – контроль; 2 –  $U=45$ ,  $n=5$ ; 3 –  $U=45$ ,  $n=10$ ; 4 –  $U=45$ ,  $n=15$ ;  
5 –  $U=45$ ,  $n=20$ ; 6 –  $U=45$ ,  $n=25$

Рисунок 3 – Розподіл розміру частинок сироватки молочної до та після електрогідравлічного оброблення

Методом електрофорезу визначено фракційний склад білків сироватки молочної до та після оброблення ЕІР. Істотних відмінностей у фракційному складі осадів не знайдено, лише спостерігалось зменшення кількості  $\alpha_{S1}$ - і  $\alpha_{S2}$ -казеїнів у обробленій сироватці. Білки надосадової рідини дослідних зразків

містили усі фракції білків, а незначні відмінності було відмічено лише у співвідношенні між компонентами протеозо-пептонної фракції (рис.4).

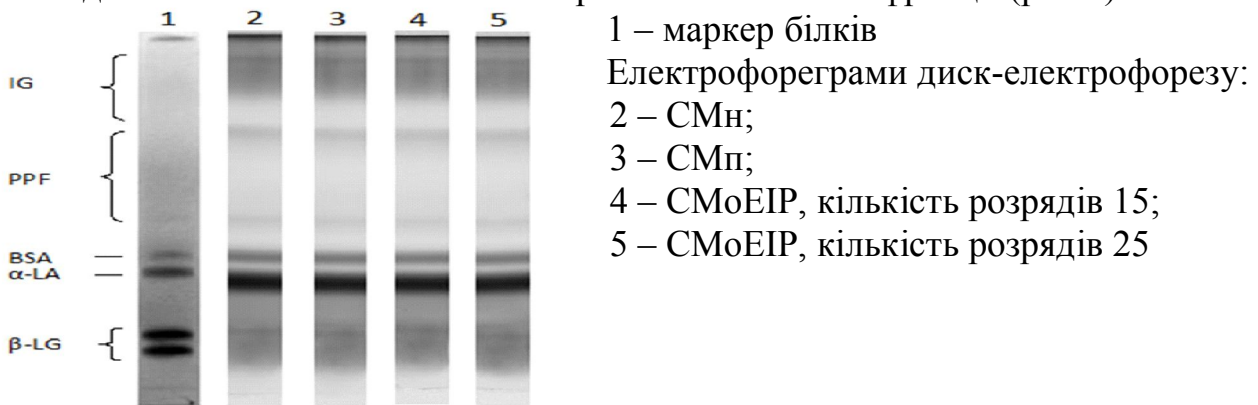
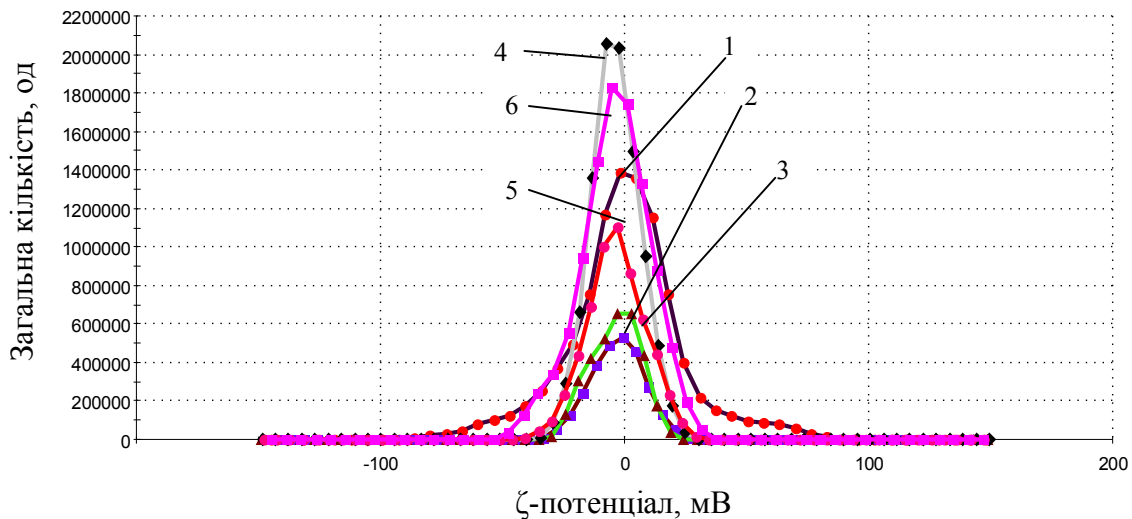


Рисунок 4 – Електрофореграма диск-електрофорезу молочної сироватки до і після ЕГО за  $U=45$  кВ

Седиментаційну стійкість сироватки молочної до та після оброблення встановлювали за швидкістю осідання частинок та за об'ємом осаду під час примусового осадження в гравітаційному полі. Встановлено, що швидкість осідання казеїнового пилу після ЕГО, згідно з законом Стокса сповільнюється. Об'єм осаду в обробленій сироватці зменшується з  $0,9...1,1$  до  $0,1...0,2$  см<sup>3</sup> за напруги 45 кВ і кількості розрядів  $20...25$ .

За кривими розподілу електрокінетичного потенціалу, що є показником стабільності дисперсних систем, встановлено тенденцію до його зміни із зростанням кількості розрядів (рис. 5).



1 – контроль; 2 –  $U=45$ ,  $n=5$ ; 3 –  $U=45$ ,  $n=10$ ; 4 –  $U=45$ ,  $n=15$ ;  
5 –  $U=45$ ,  $n=20$ ; 6 –  $U=45$ ,  $n=25$

Рисунок 5 – Розподіл  $\zeta$ -потенціалу сироватки молочної до та після електрогідралічного оброблення

За розподілом  $\zeta$ -потенціалу, отриманого за допомогою аналізатора *Malvern Zetasizer Nano ZS*, встановлено тенденцію до його зміни із зростанням кількості розрядів за цикл. За аналізом кореляційних функцій з використанням алгоритму *General purpose* програмного забезпечення аналізатору *Zetasizer Software 7.11* встановлено, що зі збільшенням напруги та кількості розрядів

електрогідравлічної обробки, збільшується абсолютне значення електрокінетичного потенціалу. Так, за напруги 45 кВ в міру збільшення кількості розрядів абсолютне значення  $\zeta$ -потенціалу обробленої сироватки поступово збільшується з  $(-0,06 \pm 0,003)$  до  $(-4,02 \pm 0,26)$  мВ.

Дію ЕГО на органолептичні показники сироватки молочної визначали методом парного порівняння (ДСТУ ISO 5495:2005), за критерієм флейвор, відповідно до якого дегустаційна група встановлювала перевагу та ступінь відчуття сироваткового присмаку. 72,5 % дегустаторів віддали перевагу сироватці обробленій ЕІР, а 27,5 % – сироватці молочної необробленій. 70,8 % дегустаторів відмітили, що оброблений зразок мав менш відчутний присмак сироватки в порівнянні з необробленим.

Досліджено, що ЕГО істотно не впливає на фізико-хімічні властивості сироватки молочної. Спостерігалось лише незначне збільшення густини з  $(1023,0 \pm 0,3)$  до  $(1024,2 \pm 0,5)$  кг/м<sup>3</sup>, що пояснюється збільшенням питомої поверхні розподілу дисперсних частинок.

Тепловий ефект ЕГО є невеликим, але за рахунок потужної ударної хвилі після розряду, інтенсивного ультразвукового випромінювання та імпульсного магнітного поля ймовірно слід очікувати вплив на життєдіяльність мікроорганізмів.

Враховуючи, що метод ЕГО доцільно застосовувати при виробництві напоїв, важливим є забезпечення мікробіологічної чистоти продукту. Тому на наступному етапі досліджували дію ЕІР на мікробіологічні показники сироватки молочної за змінних параметрів оброблення. Досліди проводили при змінній напрузі на електродах від 30 до 45 кВ та кількості розрядів за цикл від 5 до 25. За контроль обрано нативну сироватку з-під сиру кисломолочного необроблену. Вплив ЕГО на загальну мікрофлору СМ представлено у табл.1.

**Таблиця 1 – Вплив параметрів електроіскрового оброблення на бактеріальне забруднення сироватки молочної**

Кількість розрядів	Частка мікрофлори після оброблення, % за напруги		
	U = 30 кВ	U = 40 кВ	U = 45 кВ
контроль	100	100	100
5	92	74	65
10	88	71	58
15	76	69	53
20	68	65	48
25	60	57	42

Аналіз експериментальних досліджень показав, що згубна дія ЕГО зростає зі збільшенням кількості розрядів та напруги. Після електрогідравлічної обробки сироватки молочної з напругою 30...40 кВ та кількістю розрядів 5...10 спостерігалась часткове відмирання мікрофлори – їх кількість зменшилась в середньому на 10...26 % порівняно з контролем. Після обробки сироватки молочної ЕІР з напругою 45кВ та кількістю розрядів 15, 20 та 25 спостерігалась найефективніша інактивація мікроорганізмів, яка

становила 47, 52 та 58 % відповідно. Чутливими до знезаражуючої дії ЕГО виявилися також плісені та дріжджі, їх кількість зменшилась на 40...55 %.

Маючи за мету виробництво напоїв із збереженням усіх складових компонентів, зокрема білка, було досліджено амінокислотний склад сироватки обробленої ЕІР.

Розрахунок амінокислотного СКОРу показав, що в зразках сироватки молочної освітленої, неосвітленої, а також обробленої ЕІР мінімальними, а отже і лімітуючим, є СКОР «фенілаланін + тирозин».

Результати досліджень довели, що КРАС сироватки обробленої електроіскровим способом, становить 32,6 %, що у 1,6 разів нижче ніж у сироватки освітленої (51,6 %) та 1,3 – у сироватки неосвітленої (44,6 %). Біологічна цінність досліджуваної обробленої сироватки становила 67, 4 %, що в 1,4 рази вище ніж у сироватки освітленої (48, 4 %) та в 1,2 – у сироватки неосвітленої (55,4 %).

Розраховано коефіцієнт утилітарності незамінних амінокислот (НАК) сироватки, обробленої новим способом, в порівнянні з сироваткою молочною освітленою (СМо) та неосвітленою (СМн), що характеризує збалансованість кожної НАК по відношенню до фізіологічної норми. Встановлено, що всі НАК у складі сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами, мали коефіцієнти утилітарності ( $U_k$ ) вищі, ніж у СМо та СМн, окрім цистина, для якого  $U_k$  дорівнював 1,0 у всіх дослідних зразках.

За допомогою математичного пакета MathCad 14, на основі отриманих експериментальних даних, побудовано графічні залежності впливу напруги та кількості розрядів ЕГО на розмір білкових частинок та лінії постійних значень розмірів частинок білку за змінних режимів оброблення (рис.6, 7). Аналіз математичної моделі підтвердив суттєвий вплив напруги і кількості розрядів на ступінь дисперсності і дозволив встановити раціональні параметри оброблення: напруга 45 кВ і кількість розрядів 20.

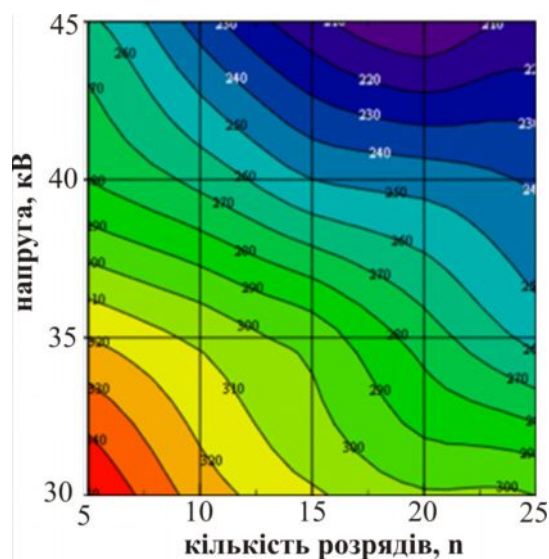
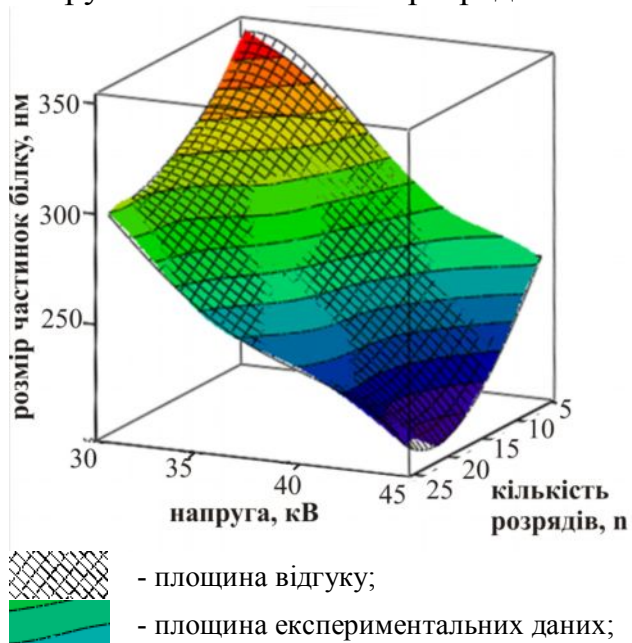


Рисунок 6 – Розмір білкових частинок за змінних напруги та кількості

Рисунок 7 – Лінії рівня розмірів частинок білку за змінних напруги та

розрядів ЕГО

кількості розрядів ЕГО

У четвертому розділі «Дослідження показників якості та безпеки напоїв із сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами» описано результати досліджень органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників напоїв на основі сироватки, обробленої методом ЕГО; обґрунтовано їх терміни зберігання та визначено показники безпеки.

З використанням ЕГО виробляли 3 види напоїв із обробленої сироватки, а саме: сироватку пастеризовану, сироватковий напій з соком та напій ароматизований. Для створення експериментальних зразків напоїв використовували традиційні наповнювачі: яблучний сік чи концентрат та ароматизатор «полуниця» чи «персик». В якості контролю обрано сироватковий напій відповідних видів, виготовлені за традиційною технологією. Встановлено, що зразки, вироблені із застосуванням ЕГО, вигідно відрізнялися за зовнішнім виглядом і консистенцією, а саме: в них був відсутній видимий осад.

Створено модельні системи сироваткових напоїв з часткою яблучного соку від 3 до 15 %. Дегустаційна група оцінювала сенсорні показники за 5-ти бальною шкалою. На рис. 8 представлені профілографи складені за результатами проведеної оцінки для зразків з часткою соку 10 і 15 %, що отримали найвищі бали (4,45...4,68). Напої на основі СМоЕІР відрізнялися гармонійним смаком, приємним кисло-солодким присмаком. Вміст 10 % соку у достатній мірі «приховував» специфічний смак сироватки молочної.

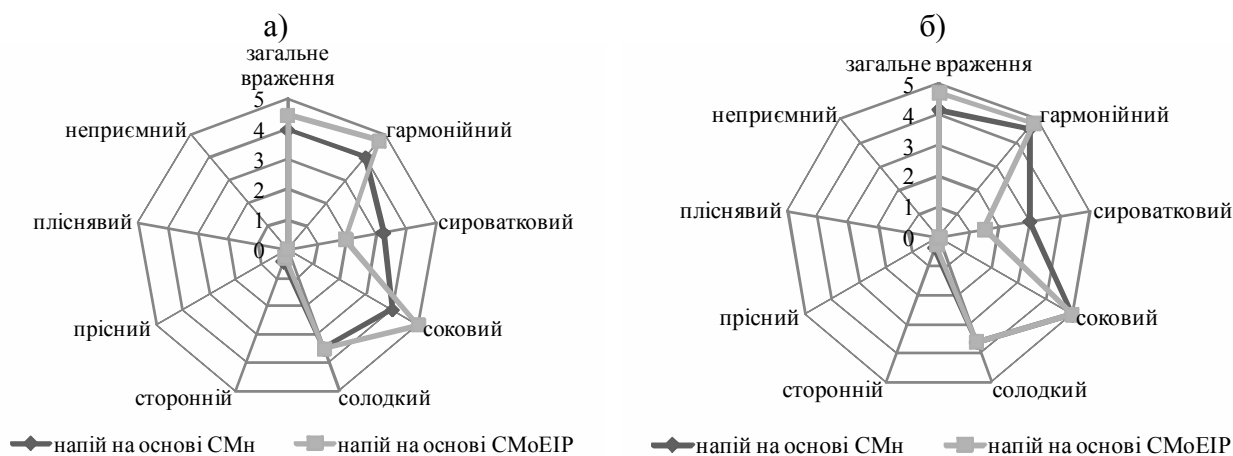


Рисунок 8 – Профілограма модельної системи сироватки а) з вмістом яблучного соку 10 %; б) з вмістом яблучного соку 15 %

Встановлено, що фізико-хімічні та мікробіологічні показники відповідали встановленим нормам для сироваткових напоїв.

З метою обґрунтування термінів зберігання напоїв, виготовлених із застосуванням ЕГО, досліджували динаміку титрованої та активної кислотності (рис. 9), а також мікробіологічних показників впродовж їх зберігання за температури 2...6 ° С та відносній вологості повітря 75 %. В якості контролю обрано сироватку пастеризовану, вироблену за традиційною технологією.

За результатами досліджень встановлено, що під час зберігання напоїв значення активної та титрованої кислотності не перевищували нормативних меж, відповідно рН – 3,7...4,3 та 50...70 ° Т.

У зразках СМп на 2 добу простежувався інтенсивний розвиток мікрофлори, вміст якої на 5 добу склав  $98 \text{ КУО/см}^3$ , тоді як у напоях на основі СМоЕІР на цей термін вміст сторонньої мікрофлори був незначним – усього  $3 \text{ КУО/см}^3$ . Ці результати свідчать про істотний стерилізуючий вплив ЕГО, в поєднанні з пастеризацією за температури  $(74 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ , на мікрофлору. За результатами мікробіологічних досліджень, враховуючи коефіцієнт допуску, встановлено термін зберігання напоїв на основі СМоЕІР, що становить сім діб за температури  $2 \dots 6 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Оскільки ЕГО вперше застосовано у технології напоїв з молочної сироватки необхідно було дослідити їх безпеку.

Результати досліджень показали, що вміст токсичних елементів в сироватці молочної з-під сиру кисломолочного до та після оброблення електроіскровими розрядами не змінюється та не перевищує гранично допустимих рівнів (табл.2).

**Таблиця 2 – Вміст токсичних елементів у сироватці молочної**

Назва токсичного елементу	Допустимий рівень мг/кг, не більше	Сироватка молочна після ЕГО
свинець	0,1	$0,07 \pm 0,002$
кадмій	0,03	$0,027 \pm 0,0001$
миш'як	0,05	$0,046 \pm 0,001$
ртуть	0,005	$0,0047 \pm 0,001$
мідь	1,0	$0,92 \pm 0,03$
цинк	5,0	$4,98 \pm 0,1$

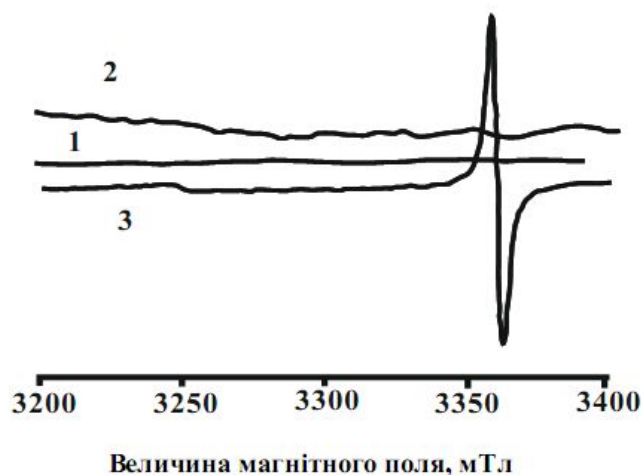


Рисунок 9 – Спектри електронного парамагнітного резонансу для визначення вільних радикалів, де лінія 1 сироватка молочна (контроль), 2 – СМоЕІР, 3 – нітрозильний залізовмісний комплекс як еталон

досліджень, проведених в ДУ «Інститут фармакології та токсикології НАМН

Важливим у разі застосування електрофізичного методу для оброблення харчових систем є визначення вільних радикалів в продуктах. За спектрами електронного парамагнітного резонансу (рис. 9) встановлено відсутність вільного радикального перекисного окислення в сироватці. Отже, електроіскрова обробка молочної сироватки не впливає на інтенсивність перебігу окислювальних процесів при виробництві та зберіганні продуктів її переробки.

Безпека даного способу оброблення підтверджена результатами медико-біологічних

досліджень, проведених в ДУ «Інститут фармакології та токсикології НАМН

України» на білих щурах різного віку і статі. Дослідження гострої та підгострої токсичності сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами проведено в порівняльному аспекті з дією сироватки молочної освітленої. Встановлено, що молочна сироватка, яка підлягала обробці електроіскровими розрядами, в умовах однократного перорального введення дорослим щурам обох статей в дозах 5,0...15,0 см<sup>3</sup>/кг живої маси та тривалого (28 діб) введення в максимально допустимих дозах (15 см<sup>3</sup>/кг живої маси) не викликала негативного впливу на функціонування організму дослідних тварин і була ідентичною до дії освітленої сироватки. Слід зазначити, що за здатністю до відновлення фізіологічних показників у тварин в умовах аліментарної дистрофії та актопротекторної дії суттєва перевага була на боці СМоЕІР. Отже, отримані результати свідчать про нешкідливість запропонованого способу оброблення.

У **п'ятому розділі** «Розробка технології напоїв із сироватки молочної з використанням електроіскрових розрядів та оцінка економічної ефективності» представлено технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва напоїв із СМоЕІР. Сировину, що відповідала вимогам нормативної документації охолоджували до  $(4\pm 2)^\circ\text{C}$  та тимчасово зберігали або спрямовували одразу на установку ЕГО. Обробка відбувалася протягом 20...25 с за умов  $U = 45\text{ кВ}$ ,  $n = 20$ . Рецептурні компоненти вносили згідно з нормативною документацією для напоїв з соком та добавками. Суміш пастеризували за температури  $(74\pm 2)^\circ\text{C}$  протягом 15...20 с, охолоджували до  $2...6^\circ\text{C}$  і спрямовували на фасування та маркування. Термін зберігання для напоїв із СМоЕІР становить сім діб за температури  $2...6^\circ\text{C}$ .

На запроповану технологію розроблено проект ТУ У на «Напої із сироватки молочної» та технологічну інструкцію до них. Результати досліджень захищені патентами України на корисну модель.

Технологія напоїв із СМоЕІР перевірена у виробничих умовах ПрАТ «Обухівський молочний завод», Київської обл. та ПрАТ «Кагма» м. Кагарлик, Київської обл.

Удосконалена технологія напоїв із сироватки обробленої потребує додаткових інвестицій в основне обладнання – електрогідравлічну установку. Тому проводили розрахунки фінансового обґрунтування і економічної ефективності. Вихідні дані для розрахунку взяті на основі фактичної звітності ПрАТ «Обухівський молочний завод» за 2012 – 2013 рр. Прогнозовані доходи за 7 місяців становлять 780 тис.грн., собівартість реалізованої продукції – 723 тис. 906 грн., чистий прибуток при цьому становив 44 тис. 802 грн. Наведені розрахунки свідчать про доцільність інвестицій.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі теоретичних та експериментальних досліджень запропонована та науково обґрунтована удосконалена технологія напоїв із сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами з метою збереження біологічної цінності і додаткового використання вторинних

ресурсів молочної галузі. На основі проведених досліджень сформульовано наступні висновки:

1. Обґрунтовано доцільність застосування електрогідролітичного оброблення сироватки з-під сиру кислomолочного в технології сироваткових напоїв.

2. Методом динамічного світлорозсіювання доведено вплив параметрів ЕГО – напруги та кількості розрядів, на дисперсність нативної молочної сироватки. Встановлено, що збільшення напруги і кількості розрядів ЕГО призводить до зниження кількості частинок у розмірному ряду понад 500 нм і до поступового зменшення середнього діаметру частинок від 900...1040 нм для нативної до 210...290 нм для обробленої. В разі застосування зазначених режимів система наближалась до монодисперсної, кількість частинок з розміром понад 500 нм була практично відсутня, індекс полідисперсності знижувався з 1,0 до 0,4.

3. Виявлено здатність СМ до стабільності після електрогідролітичного оброблення. Встановлено, що швидкість осідання казеїнового пилу після ЕГО, згідно з законом Стокса сповільнюється. Об'єм осаду в обробленій сироватці зменшується з 0,9...1,1 до 0,1...0,2 см<sup>3</sup> за напруги 45 кВ і кількості розрядів 20...25. Цей процес супроводжується зміною  $\zeta$ -потенціалу. Так, за напруги 45 кВ в міру збільшення кількості розрядів абсолютне значення дзета-потенціалу обробленої сироватки поступово збільшується з  $(- 0,06 \pm 0,003)$  до  $(- 4,02 \pm 0,26)$  мВ.

4. На основі мікробіологічних досліджень встановлено, що згубна дія ЕГО зростає зі збільшенням кількості розрядів та напруги. Після електрогідролітичної обробки сироватки молочної з напругою 30...40 кВ та кількістю розрядів 5...10 спостерігалась часткове відмирання мікрофлори – їх кількість зменшилась в середньому на 10...26 % порівняно з контролем. Після обробки сироватки молочної ЕІР з напругою 45кВ та кількістю розрядів 15, 20 та 25 спостерігалась найефективніша інактивація мікроорганізмів і становила 47, 52 та 58 % відповідно. Чутливими до знезаражуючої дії ЕГО виявилися також плісені та дріжджі, їх кількість зменшилась на 40...55 %.

5. Досліджено фракційний та амінокислотний склад білків сироватки після електрогідролітичного оброблення в порівняльному аспекті. Встановлено, що диспергування білкових частинок під дією електроіскрових розрядів не викликає зміни у структурі білків осаду і надосадової рідини молочної сироватки. Обробка результатів досліджень амінокислотного складу довела, що КРАС сироватки обробленої електроіскровим способом, становить 32,6 %, що у 1,6 разів нижче ніж у сироватки освітленої (51,6 %) та 1,3 – у сироватки неосвітленої (44,6 %). Біологічна цінність досліджуваної обробленої сироватки становила 67, 4 %, що в 1,4 рази вище ніж у сироватки освітленої (48, 4 %) та в 1,2 – у сироватки неосвітленої (55,4 %).

6. За допомогою математичної обробки даних встановлено раціональний режим оброблення сироватки молочної електроіскровими розрядами: напруга 45 кВ та кількість розрядів 20.

7. Досліджено показники якості та безпеки сироваткових напоїв, вироблених із застосуванням технології електрогідравлічного оброблення. Сенсорний аналіз дослідних напоїв довів можливість зменшення кількості соку на 5 %, а концентрату на 0,8...1,0 %. За фізико-хімічними та мікробіологічними показниками обґрунтовано термін зберігання напоїв, що становить 7 діб за температури  $4 \pm 2$  °С. Безпечність доведена медико-біологічними дослідженнями та відсутністю вільних радикалів.

8. Розроблено проект нормативної документації «Напої із сироватки молочної» (ТУ У 15.5.-02070938156:2013) та технологічну інструкцію. Технологію напоїв, перевірено у виробничих умовах ПрАТ «Обухівський молочний завод», Київської обл. та ПрАТ «Кагма» м.Кагарлик, Київської обл. Аналіз економічної ефективності довів доцільність інвестицій у запропонованій технології.

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Амінокислотний склад сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами / О.А. Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, О.В. Ардинський, О.Ю. Дашковський, В.П. Василів // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2011. – № 27. – С. 262–266.

*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень з визначення амінокислотного складу сироватки молочної, розрахунок та підготовка матеріалів до друку.*

2. Сироватка молочна – біологічно цінний продукт / О.А. Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, О.В. Ардинський, О.Ю. Дашковський, В.П. Василів, Л.А. Федоренко // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 1(14). – С. 40–42.

*Особистий внесок: проведення аналітичного огляду літератури, узагальнення та підготовка матеріалів до друку.*

3. Дослідження впливу електрогідравлічного ефекту на властивості молочної сироватки / О.А. Чернюшок, В.П. Василів, Д.В. Михайлик, О.В. Ардинський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 170. – Частина 1. – С. 310–319.

*Особистий внесок здобувача: дослідження можливості використання електрогідравлічної установки в технології виробництва напоїв із сироватки молочної, обґрунтування переваг диспергування на даному обладнанні.*

4. Нешкідливість сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами, при одно- та багаторазовому введені в шлунок білим щурам / О.А.Чернюшок, Ю.А. Дашковський, О.В. Кочубей-Литвиненко, Л.М. Киричок // Харчова наука і технологія. – 2012. – №1(18). – С. 96–100.

*Особистий внесок: визначення нешкідливості сироватки молочної обробленої електроіскровими розрядами при одно- та багаторазовому введені в шлунок білим щурам, підготовка матеріалів до друку.*

5. Чернюшок О.А. Вплив сироватки молочної, що підлягала дії електроіскрових розрядів, на гомеостаз організму та працездатність білих щурів / О.А. Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, Л.М. Киричок // Наукові праці

НУХТ. – 2013. – № 52. С. 88–96. **Міжнародна наукометрична база Index Copernicus**

*Особистий внесок: оброблення сироватки молочної електроіскровими розрядами, дослідження працездатності білих щурів, що вживали сироватку молочну до та після оброблення, підготовка матеріалів до друку.*

6. Чернюшок О.А. Дія електричних розрядів на мікробіологічні показники сироватки молочної / О.А. Чернюшок, О.В Кочубей-Литвиненко, А.Г. Пухляк // Харчова промисловість. – 2013. – № 14. – С. 53–58.

*Особистий внесок: оброблення сироватки молочної електроіскровими розрядами, дослідження мікробіологічних показників опрацювання та узагальнення результатів.*

7. Кочубей-Литвиненко О. Обработка творожной сыворотки электроискровыми разрядами / Оксана Кочубей-Литвиненко, Ольга Чернюшок // Молочная промышленность. – 2013. – № 11 – С. 58–59. **Фахове видання Російської Федерації**

*Особистий внесок: оброблення сироватки молочної електроіскровими розрядами, дослідження структурних та фізико-хімічних змін, підготовка матеріалів до друку.*

8. Кочубей-Литвиненко О. Сенсорная оценка качества напитков из цельной сыворотки / Оксана Кочубей-Литвиненко, Ольга Чернюшок // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2014. – № 1(23) – С. 85–89. **Фахове видання Республіки Білорусь**

*Особистий внесок: виготовлення напоїв, підбір методів досліджень, підготовка та виконання експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів та оформлення матеріалів до друку.*

9. Влияние электрогидравлической обработки на дисперсность творожной сыворотки / О.В Кочубей-Литвиненко, О.А. Чернюшок, В.В. Олишевский, А.И. Миришин.// Молочная промышленность. – 2014. – № 8 – С.31–33. **Фахове видання Російської Федерації**

*Особистий внесок: проведення огляду літератури та експерименту, підготовка матеріалів до друку.*

10. Кочубей-Литвиненко О.В. Математическое моделирование процесса электроискровой обработки творожной сыворотки в технологии сывороточных напитков / О.В Кочубей-Литвиненко, Н.И. Вовкодав, О.А. Чернюшок // Maisto chemija ir technologija. Mokslo dabrai. – 2014. – Т. 48, Nr. 1 – pp.39–45. **Фахове видання Литовської республіки. Міжнародна наукометрична база Index Copernicus**

*Особистий внесок: проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка статті до друку.*

11. Пат. 82778 Україна, МПК 51 А 23L 1/025. Спосіб оброблення сироватки молочної / Чернюшок О.А., Пасічний В.М., Маринін А.І., Тягнибіда К.М.; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201301102; завл. 29.01.2013; опубл. 12.08.2013, Бюл. №15.

*Особистий внесок: проведення патентного пошуку, порівняння та аналіз існуючих аналогів, узагальнення експериментальних даних, оформлення заявки на патент.*

12. Пат. 91941 Україна, МПК 51 А 23С 21/00. Спосіб виробництва сироватки молочної пастеризованої «Особлива» / Кочубей-Литвиненко О.В.,

Чернюшок О.А., Маринін А.І., Олішевський В.В.; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201401043; завл. 04.02.2014; опубл. 25.07.2014, Бюл. №14.

*Особистий внесок: проведення патентного пошуку, складання опису, формули винаходу та оформлення заявки на патент.*

13. Чернюшок О. Электрогидравлическая обработка творожной сыворотки / Ольга Чернюшок, Алексей Ардынский // Пищевые продукты и здоровье человека: IV Всероссийская конференция с международным участием студентов, аспирантов и молодых ученых, 24 апреля 2011г.: тезисы докл. – Кемерово, 2011. – С. 179–180.

*Особистий внесок: узагальнення отриманих результатів досліджень, підготовка матеріалів до друку.*

14. Чернюшок О.А. Электроискровое оброблення як спосіб надання молочній сироватці споживчих характеристик при виробництві напоїв // О.А. Чернюшок, О.В. Ардинський, О.В. Кочубей-Литвиненко // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: міжнар. науково-практ. конф. 19 травня 2011 р.: тези доповідей. – Харків, 2011. – С. 181.

*Особистий внесок: дослідження споживчих характеристик сироватки молочної узагальнення результатів досліджень.*

15. О воздействии электроискровых разрядов на свойства молочной сыворотки / О.А. Чернюшок, А.Ю. Дашковский, В.В. Олишевский, В.П. Васылив, А.И. Марынин, О.В. Кочубей-Литвиненко, А.В. Ардынский, С.В. Ткаченко // Импульсные процессы в механике сплошных сред: IX междунар. науч. конф., 15-19 августа 2011 г.: матер. конф. – 2011. – С. 227 – 230.

*Особистий внесок: проведення експерименту, аналіз отриманих даних.*

16. Чернюшок О. Электрофорез молочних сироваткових білків, що оброблені електроискровими розрядами / Ольга Чернюшок, Олексій Ардинський // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: міжнародна науково-технічна конф., 22 – 23 березня 2012 р.: матеріали конф. – К.: НУХТ, 2012. – С. 65.

*Особистий внесок: проведення експерименту, дослідження фракційного складу білків, оброблення отриманих результатів та підготовка матеріалів до друку.*

17. Щодо перспектив застосування електрогидравлічного ефекту в молочній галузі / О.А. Чернюшок, О.В. Ардинський, В.П. Василів, С.О. Лісняк // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: міжнародна науково-технічна конф., 22 – 23 березня 2012 р.: матеріали конф. – К.: НУХТ, 2012. – С. 66.

*Особистий внесок: проведено літературний огляд щодо можливості використання електрогидравлічної установки в молочної галузі.*

18. Диспергування зважених частинок молочної сироватки під дією електроискрових розрядів / О.А. Чернюшок, О.В. Ардинський, Ю.А. Дашковський, О.В. Кочубей-Литвиненко, В.П. Василів // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: міжнародна науково-технічна конф., 22 – 23 березня. 2012 р.: матеріали конф. – К.: НУХТ, 2012. – С. 57.

*Особистий внесок: проведення експерименту, дослідження диспергування білків та підготовка матеріалів до друку.*

19. Електрогідравлічний ефект в процесах оброблення водних середовищ / О.А. Чернюшок, В.П. Василів, А.І. Маринін, Ю.В. Запорожець, В.П. Ардинський // Вода в харчовій промисловості: III наук.-практ. конф. – 2012 р.: тези допов. – Одеса, 2012. – С. 111 – 112.

*Особистий внесок здобувача: проведено літературний огляд та узагальнено дані щодо застосування електроіскрових розрядів при обробленні водних середовищ.*

20. Чернюшок О.А. Дослідження мікробіологічних показників сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами / О.А. Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, В.П. Василів // Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: II міжн. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів 2012 р.: матеріали конф. – К., 2012. – С. 279 – 280.

*Особистий внесок: поставлено завдання, обрано методи досліджень, виконано обробку та узагальнено дані.*

21. Чернюшок О. Изменения микробиологических показателей творожной сыворотки под воздействием электроискровых разрядов / Ольга Чернюшок, Оксана Кочубей-Литвиненко // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: III Международная научно-практическая конференция посвященная 20-летию ГНУ КНИИХП Россельхозакадемии 23-25 мая 2013 г.: материалы конф. – Краснодар, 2013. – С. 342– 345.

*Особистий внесок: дослідження залежності зміни мікробіологічних показників сироватки молочної від параметрів оброблення електроіскровими розрядами.*

22. Chernyushok O. Application potential of milk whey, processed with electrical spark discharges / Olga Chernyushok, Oksana Kochubey-Lytvynenko // The second north and east European congress on food Science, 26 – 29 May 2013. NUFT – 2013. – P. 232.

*Особистий внесок: проведено літературний огляд та узагальнено дані щодо застосування електроіскрових розрядів в технології напоїв із сироватки молочної.*

23. Зміна працездатності білих шурів, що вживали сироватку молочну, оброблену електроіскровими розрядами / О.А. Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, В.П. Василів, Л.М. Киричок // Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: матеріали III міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів 2013 р.: матеріали конф. – К., 2013. – С. 296.

*Особистий внесок: проведено експериментальне обґрунтування та дослідження працездатності білих шурів які вживали сироватку молочну оброблену електроіскровими розрядами та підготовлено матеріали до друку.*

24. Кочубей-Литвиненко О. Новое в производстве напитков из цельной творожной сыворотки / Оксана Кочубей-Литвиненко, Ольга Чернюшок // I Лужские научные чтения современное научное знание: теория и практика: междунар. науч.-практ. конф., 22 мая 2013 р. : материалы конф. – Санкт-Петербург, 2013. – С. 39 – 45.

*Особистий внесок: розроблено нові напої на основі сироватки молочної обробленої електроіскровими розрядами, проведено їх сенсорну оцінку, узагальнено та підготовлено матеріали до друку.*

25. Кочубей-Литвиненко О. Преимущество творожной сыворотки, обработанной электроискровыми разрядами / Оксана Кочубей-Литвиненко, Ольга Чернюшок // Питание и здоровье: междунар. конф. детских диетологов и гастроэнтерологов: матер. междунар. конгресса 13 – 15 декабря 2013 г. – Москва, 2013. – С. 54.

*Особистий внесок: визначення переваг сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами в порівнянні з традиційними методами.*

26. Инновационный способ обработки творожной сыворотки / О.А.Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, В.П. Василив, А.И. Маринин // Инновационные технологии в пищевой промышленности: XII междунар. научн. – практ. конф., 2-3 октября 2013г.: матер. конф. – Минск, 2013. – С. 54 – 57.

*Особистий внесок: проведено літературний огляд інноваційних методів оброблення сироватки молочної в порівнянні з електрогідравлічним обробленням.*

#### АНОТАЦІЯ

**Чернюшок О.А. Удосконалення технології напоїв із сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів. – Національний університет харчових технологій МОН України, Київ, 2015.

Дисертаційна робота присвячена науковому обґрунтуванню технології електрогідравлічного оброблення сироватки молочної у виробництві сироваткових напоїв, що забезпечує технологічність переробки нативної сироватки з-під сиру кисломолочного та формування нових споживчих характеристик напоїв на її основі. Застосування електрогідравлічного оброблення забезпечує покращення якості: підвищення дисперсності, стійкості, біологічної цінності готових продуктів, а також покращення органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних характеристик, досліджено вплив електрогідравлічного оброблення на молочну сироватку.

Доведено доцільність застосування електрогідравлічного оброблення у технології виготовлення напоїв із сироватки молочної. Встановлено раціональні параметри оброблення, розроблено технологічну схему виготовлення напоїв із сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами. Досліджено показники якості та безпеки продукту. Обґрунтовано умови та терміни їх зберігання.

**Ключові слова:** сироватка молочна, електрогідравлічне оброблення, технологія, напої із сироватки молочної.

#### АННОТАЦИЯ

**Чернюшок О.А. Усовершенствование технологии напитков из молочной сыворотки, обработанной электроискровыми разрядами. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04 - технология мясных, молочных продуктов и

продуктов из гидробионтов. - Национальный университет пищевых технологий МОН Украины, Киев, 2015.

Диссертация посвящена научному обоснованию способа электрогидравлической обработки цельной молочной сыворотки в технологии сывороточных напитков, что обеспечивает технологичность ее переработки и формирование стабильных качественных характеристик напитков, продление сроков их хранения. Применение электрогидравлической обработки обеспечивает повышение дисперсности, седиментационной устойчивости и биологической ценности готовых продуктов, способствует улучшению органолептических, физико-химических и микробиологических характеристик.

Впервые методом динамического светорассеивания изучена динамика дисперсной фазы молочной сыворотки под действием параметров электрогидравлической обработки – напряжения 30 ... 45 кВ и количества разрядов 5...25. Установлено уменьшение среднего диаметра частиц в обработанной сыворотке с 900...1040 нм до 210...290 нм. Доказано, что с увеличением параметров обработки происходит перераспределение частиц размером свыше 500 нм в сторону меньших размерных рядов. При напряжении 45 кВ и количестве разрядов 20 ... 25 система приближалась к монодисперсной, частицы размером свыше 500 нм практически отсутствовали, индекс полидисперсности снижался с 1,0 до 0,4.

Повышение степени седиментационной устойчивости исследованной системы при использовании ЭГО доказано методом принудительного осаждения в гравитационном поле. Обнаружена способность молочной сыворотки к стабильности после электрогидравлической обработки. Установлено, что скорость оседания казеиновой пыли после ЭГО, по закону Стокса замедляется в 2 раза. Объем осадка в обработанной сыворотке уменьшается с 0,9 ... 1,1 до 0,1 ... 0,2 см<sup>3</sup> при напряжении 45 кВ и количестве разрядов 20 ... 25. Также исследован характер изменения электрокинетического потенциала. Установлена тенденция к его увеличению с ростом количества разрядов за цикл. Так, при напряжении 45 кВ по мере увеличения количества разрядов абсолютное значение электрокинетического потенциала обработанной сыворотки постепенно увеличивается с  $(- 0,06 \pm 0,003)$  до  $(- 4,02 \pm 0,26)$  мВ.

Экспериментально подтверждено антимикробное действие ЭГО на микрофлору сыворотки. Инактивирующее действие увеличивалось с ростом напряжения и количества разрядов обработки, достигая максимума при напряжении 45 кВ и количестве разрядов 20...25. Общее количество микроорганизмов при этом уменьшалось на 52...58 % по сравнению с необработанной сывороткой. Чувствительными к инактивирующему действию ЭГО оказались также плесени и дрожжи. Их количество уменьшилось на 40...55 %.

Исследован фракционный и аминокислотный состав белков сыворотки после электрогидравлической обработки в сравнительном аспекте. Установлено, что диспергирование белковых частиц под действием электроискровых разрядов не изменяет структуру белков осадка и надосадочной жидкости молочной сыворотки. Обработка результатов

исследований аминокислотного состава доказала, что КРАС сыворотки, обработанной электроискровым способом, составляет 32,6 %, что в 1,6 раза ниже чем в сыворотке осветленной (51,6 %) и 1,3 – в сыворотке неосветленной (44,6 %). Биологическая ценность исследуемой сыворотки составляла 67,4 %, что в 1,4 раза выше чем в сыворотке осветленной (48,4 %) и в 1,2 чем в сыворотке нативной (55,4 %).

Методом математического моделирования установлено рациональный режим электрогидравлической обработки молочной сыворотки (напряжение 45 кВ, количество разрядов 20), что сопровождается максимальным диспергированием осажденных частиц казеиновой пыли.

Исследованы показатели качества и безопасности продукта. Установлено отсутствие свободных радикалов. Проведены медико-биологические исследования на белых крысах в ГУ «Институт фармакологии и токсикологии НАМН Украины». Установлено, что молочная сыворотка, обработанная электроискровыми разрядами, в условиях однократного и длительного введения взрослым крысам не оказывала негативного воздействия на функционирование организма подопытных животных. Ее действие было идентично осветленной сыворотке. Полученные результаты свидетельствуют о безопасности предложенного способа обработки.

Обоснованы условия и сроки хранения сывороточных напитков, выработанных с использованием электрогидравлического способа обработки.

Разработана технологическая схема производства напитков из молочной сыворотки, обработанной электроискровыми разрядами.

Получены патенты на способ обработки сыворотки молочной и способ производства сыворотки молочной пастеризованной «Особая». Разработан проект технических условий ТУ У 15.5 - 02070938156: 2003 «Напитки из сыворотки молочной» и технологическая инструкция на их изготовление.

Технология апробирована в производственных условиях ЧАО «Обуховский молочный завод» Киевской области и ЧАО «Кагма» г. Кагарлык Киевской области. Проведены расчеты финансового обоснования и экономической эффективности предложенной технологии, которые свидетельствуют об инвестиционной привлекательности разработки.

**Ключевые слова:** сыворотка молочная, электрогидравлическая обработка, технология, напитки из молочной сыворотки.

#### ABSTRACT

**Chernyushok O.A. Improvement of technology for whey-based beverage processed with electro sparking discharges. – Manuscript copyright.**

Dissertation for scientific degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.18.04 – meat, dairy and hydrobiont products technology. – National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2015.

The dissertation is devoted to the scientific substantiation of technology for electrohydraulic processing of milk whey in production of whey-based beverages that

secure processability of whole whey after lactic cheese and formation of new consumer properties of the whey-based beverages.

Application of electrohydraulic processing improves quality of beverage: increase its dispersion and stability, biological value and also make its organoleptic, physico-chemical and microbiological features better. It is also researched the impact of electrohydraulic processing on milk whey.

The usage of electrohydraulic processing of milk whey is proved to be reasonable in the production technology of whey based beverage. One also determined the efficient conditions (parameters) of production process and developed a technological scheme of beverage production based on milk whey processed with electrical spark discharges. Terms and conditions for the beverage storage were also substantiated.

**Key words:** milk whey, electrohydraulic processing, technology, milk whey based beverages.