

NEW APPROACHES FOR MICROELEMENT ENRICHMENT OF DRY MILK WHEY CONCENTRATES

O. Kochubei-Lytvynenko, O. Chernyushok

National University of Food Technologies

Key words:

*Dry demineralized whey
Electrical sparking
dispersion
Enrichment
Mineral elements
Magnesium
Manganese*

Article history:

Received 17.09.2017
Received in revised form
08.10.2017
Accepted 30.10.2017

Corresponding author:

O. Chernyushok

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article is devoted to the study of a new method of raw materials processing in dry milk whey technology. The possibilities of product enrichment with the particles of biogenic elements of magnesium and manganese of demineralized whey of dairy and the rationale for the use of electrospark dispersion of current-carrying granules of metals in the medium of whey are investigated. The article contains the results of studies on the enrichment of milk whey with magnesium and manganese under the electrical sparking processing. It has been established that in the whey the magnesium content increases by an average of 0.6—3.2 times and manganese — 1.4—4 times, depending on the duration of treatment. The reduction of oxidation-reduction potential in the treated serum from –10 mV to –70...–290 mV, depending on the duration of treatment, was studied. The expediency of enriching dairy raw materials with magnesium and manganese as a result of processing the granules of corresponding metals in a discharge chamber with a current-carrying layer is established.

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-1-23

НОВІ ПІДХОДИ ДО МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО ЗБАГАЧЕННЯ СУХИХ КОНЦЕНТРАТІВ ІЗ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

О.В. Кочубей-Литвиненко, О.А. Чернюшок

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена вивченню нового способу оброблення сировини в технології сухої молочної сироватки. Досліджено можливості збагачення продукту частинками біогенних елементів Магнію й Мангану демінералізованої сироватки молочної та обґрунтовано доцільність використання електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металів у середовищі молочної сироватки. Наведено результати досліджень збагачення молочної сироватки магнієм і манганом за умови електроіскрового оброблення. Встановлено, що у молочній сироватці збільшується вміст магнію в середньому у 0,6—3,2 рази і мангану — у 1,4—4,0 рази залежно від тривалості оброблення. Доведено зниження окисно-відновного потенціалу в обробленій сироватці з

–10 мВ до –70...–290 мВ залежно від тривалості оброблення. Встановлено доцільність збагачення молочної сировини магнієм і манганом унаслідок оброблення в розрядній камері зі струмопровідним прошарком гранул відповідних металів.

Ключові слова: *суха демінералізована сироватка, електроіскрове диспергування, збагачення, мінеральні елементи, магній, манган.*

Постановка проблеми. За даними аналітичного департаменту Ukrainian Food Export Board (UFEB), на світовому ринку за останні роки зріс попит на українські концентрати з молочної сироватки. Так, експорт молочної сироватки з України у 2016 р. склав 23,9 тис. т. Серед покупців цієї продукції лідирують Китай і В'єтнам (по 2,1 млн дол. США, або 15% кожна), а також Пакистан з часткою в 14% (близько 2 млн дол. США). Стабільним попитом на вітчизняному і світовому ринках користується українська суха демінералізована сироватка. Обсяги її виробництва і споживання в останні роки залишаються незмінно високими. Концентрати із молочної сироватки знаходять попит на підприємствах, що виробляють молочні, м'ясні, хлібобулочні, кондитерські та інші види харчових продуктів, в тому числі спеціального призначення.

Завдяки запровадженню мембранних методів і електродіалізу суха демінералізована сироватка, на відміну від сухої сироватки, виготовленої без залучення технологій знесолення, характеризується низьким вмістом золи, зниженою титрованою кислотністю та приемним солодкуватим присмаком [1—3]. Проте на рівні з бажаним з технологічної точки зору видаленням одновалентних іонів після мембранного оброблення спостерігається зниження вмісту біологічно цінних двовалентних іонів, зокрема кальцію, магнію та мангану [3; 4]. Відомо, що зазначені мінеральні елементи відносяться до життєво необхідних біоелементів [5; 6], дефіцит яких супроводжується специфічними структурними та функціональними порушеннями в організмі людини. Крім того, магній і манган є важливими з технологічної точки зору, їх можна розглядати як чинники інтенсифікації процесів бродіння і сквашування, оскільки ці елементи необхідні для побудови компонентів живих клітин, сприяють енергетичному обміну й синтезу білка дріжджової клітини, здатні активізувати і стабілізувати дію ферментів, спонукають до зростання молочнокислу мікрофлору тощо [6—9].

Поповнення дефіциту мінеральних речовин у харчових продуктах і покращення технологічних характеристик сировини, як правило, відбувається за рахунок внесення солей неорганічних кислот. Однак більшість відомих препаратів погано розчиняються у воді, мають неприємний гіркий смак, що може негативно вплинути на споживчі характеристики продукту. Це є неприпустимим згідно з науковими підходами та принципами збагачення харчових продуктів мікронутрієнтами [10]. До того ж мінерали в такій формі мають низьку біологічну доступність, а, як відомо, до основних ознак біоелементів відноситься саме їх висока засвоюваність і відповідна форма знаходження в організмі (у складі сполук, аналогічних природним) [5].

Сучасні наукові досягнення відкривають широкі перспективи для виробництва та використання нових форм препаратів біогенних металів, зокрема у

вигляді гідратованих чи цитратованих наночастинок металів (наноаквахелатів), отриманих унаслідок ерозійно-вибухової нанотехнології й електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металів [11; 12]. На сьогодні препарати біогенних металів, створені із залученням нанотехнологій, починають використовувати в медицині, ветеринарії, косметології, сільському господарстві та харчовій промисловості [13—16].

Однак застосування водних колоїдних розчинів металів у технології концентрованих молочних продуктів нераціональне з огляду на додаткове додавання води, що призведе до додаткових енерговитрат технології сушіння, яка й так є енерговитратною. Більш перспективним способом збагачення сухих продуктів із молочної сироватки є безпосереднє оброблення сировини за технологією електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металів [11]. Оброблення молочної сироватки в такий спосіб забезпечить її збагачення магнієм і манганом, що здатні утворювати метало-лігандові комплекси з компонентами молочної сироватки, а це, в свою чергу, сприятиме підвищенню їх біологічної доступності, та, власне, дозволить класифікувати як біоелементи [5].

Метою дослідження є обґрунтування доцільності використання електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металів у середовищі молочної сироватки для її збагачення частинками біогенних елементів Магнію й Мангану та використання нового способу оброблення сировини в технології сухої молочної сироватки.

Матеріали і методи. Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи держбюджетного фінансування «Наукові засади розроблення ресурсощадних технологій білоқвмісних поліфункціональних концентратів для харчових продуктів цільового призначення».

Об'єктом дослідження є технологія збагачення молочної сироватки мінеральними елементами в результаті електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металів у її середовищі. Предмет дослідження: знесолена молочна сироватка до та після електроіскрового оброблення; суха демінералізована сироватка та суха молочна сироватка, збагачена магнієм і манганом.

Сухо демінералізовану сироватку отримували шляхом знесолення підсирної сироватки на нанофільтраційній установці («GEA», Данія) з подальшим розпилювальним сушінням.

Особливістю отримання сухої молочної сироватки, збагаченої мінеральними елементами, було проведення об'ємного електроіскрового диспергування струмопровідних гранул магнію і мангану в середовищі сироватки, знесоленої нанофільтрацією.

Електрофізичне оброблення молочної сироватки здійснювали на експериментальному технологічному комплексі, розробленому науковцями НУБІП України. Він складається з генераторарозрядних імпульсів (частота імпульсів — 0,2—2,0 кГц; індуктивність розрядного контуру — 1 мкГ); розрядної камери з магнієвою та/або мангановою електродною системою та струмопровідним прошарком гранул відповідних металів з регульованим об'ємом камери від 100 до 3000 см³; блоку управління; вимірювальних і допоміжних приладів (рис. 1). Як накопичувач енергії використовувався конденсатор ємністю 100 мкФ. Експозиція оброблення становила від 30 до 180 с.



Рис. 1. Фотозображення експериментального технологічного комплексу для електроіскрового оброблення молочної сироватки

У процесі дослідження використовували стандартні і спеціальні методи оцінювання органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних властивостей сировини та сухої молочної сироватки. Результати експериментальних досліджень піддавали статистичній обробці за допомогою стандартного пакета програм MicrosoftOffice.

Вміст металічних елементів у зразках сироватки визначали методом атомно-абсорбційної спектрометрії. Для цього використовували атомно-абсорбційний спектрометр AAS1N (Carl-ZeissJena, Німеччина), обладнаний пальником для полум'я ацетилен-повітря та лампами з порожнистим катодом на Магній і Манган. Реєстрація атомного поглинання здійснювалась при довжині хвилі резонансної лінії 285,2 нм (Mg) та 279,5 нм (Mn) у полум'ї ацетилен-повітря.

Розмір частинок встановлювали на аналізаторі дисперсності частинок Malvern Instruments Ltd., Велика Британія; рН визначали на іономірі універсальному И-160 М; окисно-відновний потенціал — платиновим електродом на іономірі універсальному ЕВ-74.

Ступінь злежування сухої сироватки визначали за стандартною методикою 15 А науково-дослідної лабораторії GEA Niro [17], згідно з якою проби сухої сироватки витримували за умов підвищеної вологості (понад 80% відносної вологості) до досягнення рівноваги. Потім порошок висушували у сушильній шафі за температури (105 ± 2) °С протягом 60 хв і охолоджували в ексикаторі. Охолоджений порошок просіювали крізь сито з діаметром отворів 250 і 500 мкм на вібраційному приладі протягом 5 хв. Ступінь злежування визначали як певну кількість частинок, що не пройшли крізь сито.

Ознаки неферментативного потемніння сухої молочної сироватки досліджували за зміною білизни продукту під час зберігання за стандартних та нестандартних умов зберігання. Білизну оцінювали візуально та за допомогою приладу Блік-РЗ (Росія).

Дослідження цитотоксичної дії сухої молочної сироватки, збагаченої магнієм і манганом, проводили на базі лабораторії промислової токсикології і гігієни праці при використанні хімічних речовин ДУ «Інститут медицини

праці НАМН України» за методом, що ґрунтується на визначенні впливу дослідного об'єкта на рухливість статевої клітини бика. Оцінювали цитотоксичну дію за індексом токсичності, вимірним на аналізаторі АТ-05 (Росія).

Мікрофотографування зразків сухої сироватки здійснювали за допомогою аналітичного скануючого електронного мікроскопа JSM 6060 LA (Японія).

Результати і обговорення. На попередньому етапі досліджували вплив електроіскрового оброблення на показники молочної сироватки, попередньо знесоленої нанофільтрацією. Експозицію оброблення змінювали від 30 до 180 с, температура оброблення — $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Встановлено, що за умови електроіскрового оброблення у молочної сироватці збільшується вміст магнію в середньому у 0,6—3,2 рази і мангану — у 1,4—4,0 рази залежно від тривалості оброблення. Проте відмічено, що збільшення експозиції оброблення понад 120 с негативно впливало на органолептичні показники молочної сироватки. Так, дослідним зразкам молочної сироватки, обробленої понад 90 с в розрядній камері з мангановою електродною системою та понад 120 с в камері з магнієвою електродною системою, був притаманний яскраво виражений специфічний смак і запах, невластивий азнесоленим молочної сироватці. За оброблення протягом 30...60 с специфічний смак і запах були відсутні або майже не помітні.

Виявлено зниження окисно-відновного потенціалу (зростання антиоксидантних властивостей) в обробленій сироватці з -10 мВ до $-70...-290$ мВ залежно від тривалості оброблення. Це, ймовірно, свідчить як про можливе проходження в системі процесу $\text{Me} \leftrightarrow \text{Me}^{n+} + ne$, так і комплексоутворення між іонами магнію і біолігандами, які містяться в сироватці.

Результати фізико-хімічних досліджень і дисперсного аналізу дослідних зразків знесоленої нанофільтрацією молочної сироватки до та після електроіскрового оброблення, представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристика дослідних зразків молочної сироватки до та після електроіскрового оброблення

Номер зразка	pH	ОВ-потенціал, (–E), мВ	Середній розмір частинок, мкм	Вміст Mg, мг/кг	Вміст Mn, мг/кг
1	5,30±0,2	5	0,570±0,03	1,05±0,04	0,022±0,002
2	5,54±0,2	60	0,598±0,04	2,92±0,06	0,022±0,001
3	5,80±0,2	175	0,619±0,02	1,05±0,04	0,069±0,003
4	5,95±0,2	201	0,654±0,04	2,97±0,05	0,060±0,003

Номер зразка: 1 — сироватка підсирна, знесолена нанофільтрацією (контроль); 2 — сироватка підсирна, оброблена в розрядній камері з шаром гранул магнію між основними електродами магнію (експозиція 60 с); 3 — сироватка підсирна, оброблена в розрядній камері з шаром гранул мангану між основними електродами мангану (експозиція 60 с); 4 — сироватка підсирна, послідовно оброблена в розрядних камерах з шаром гранул металів між основними електродами магнію (експозиція 60 с) та мангану (експозиція 30 с).

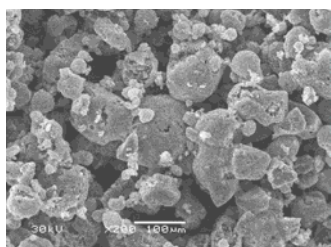
На підставі проведених досліджень обґрунтовано доцільність залучення електрофізичного способу оброблення сировини у технологію сухої молочної сироватки з метою її збагачення. Особливістю запропонованої технології сухої

молочної сироватки є здійснення електроіскрового диспергування струмопровідних гранул Mg і Mn в розрядній камері, заповненій знесолоною молочною сироваткою. На підставі математичного оброблення результатів досліджень встановлено раціональну тривалість електроіскрового оброблення сироватки, а саме: 30 с — для манганової електродної системи і 60 с — для магнієвої.

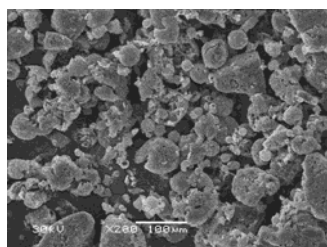
Комплексний порівняльний аналіз фізико-хімічних, фізико-механічних і функціонально-технологічних властивостей дослідних зразків сухої сироватки, виробленої з використанням різних способів оброблення сировини, наведено у табл. 2 та рис. 2 і 3.

Таблиця 2. Показники дослідних зразків сухої молочної сироватки, виробленої за різних способів оброблення сировини ($n = 3, p \leq 0,05$)

Найменування показника	Суха підсирна сироватка, вироблена без використання технологій знесолення	Суха сироватка, вироблена з використанням:	
		нано-фільтрації	електроіскрового оброблення
Масова частка вологи, %	5,0	3,0	2,2
Вміст Mg, г/кг	0,94	0,93	2,9
Вміст Mn, мг/кг	1,4	1,1	12,9
Титрована кислотність, °T	20,0	12,0	10,0
Індекс розчинності, см ³ сирого осаду	0,6	0,3	0,1
Насипна густина, г/см ³	0,611	0,429	0,376
Середній розмір частинок, мкм	74,0	60,3	63,6
Показник активності води (A_w), ум.од.	0,312	0,196	0,130
Піноутворювальна здатність, %	21,7	44,0	90,4



а)



б)

Рис. 2. Мікрофотографії дослідних зразків: а — сухої демінералізованої сироватки; б — сухої сироватки, збагаченої магнієм і манганом

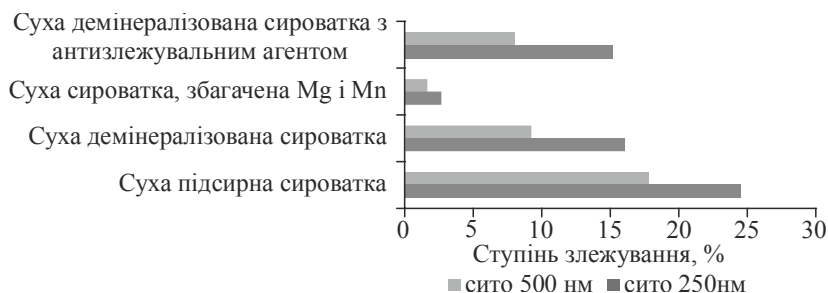


Рис. 3. Ступінь злежування дослідних зразків сухої молочної сироватки в порівняльному аспекті

Дослідження органолептичних, фізико-хімічних, фізико-механічних і функціонально-технологічних властивостей, збагаченої Mg і Mn, засвідчили відсутність негативного впливу електрофізичного оброблення сировини на якісні показники продукту та структурно-механічні властивості. Навпаки, поряд зі збільшенням вмісту Mg і Mn дослідні зразки збагаченої сухої сироватки мали найкращу розчинність, низьку схильність до утворення грудочок.

На рис. 3 видно, що в зразках сухої підсирної сироватки ступінь злежування перевищує 10%, що характеризує їх як продукти, схильні до комкування. Ступінь злежування сухої сироватки, знесоленої нанофільтрацією, за розміру діаметра отворів сита 500 мкм, наближається до 10%, а за використання сита 250 мкм перевищує даний поріг. Зразки сухої сироватки, збагаченої магнієм і манганом, навпаки, мають дуже низьку схильність до утворення грудочок (ступінь злежування — 1,6 і 2,7% залежно від розміру отворів сита). Це, ймовірно, зумовлено збільшенням кількості сполук магнію, які володіють антизлежувальними властивостями. Цікавим є факт, що дослідні зразки збагаченої мінеральними елементами сухої сироватки за даною характеристикою переважають навіть суху сироватку, в яку з метою покращання антизлежувальних властивостей додано аеросил А-300 (SiO₂) у кількості 1,0%.

Зразки сухої сироватки, збагаченої магнієм і манганом, також вигідно відрізнялись від решти зразків відсутністю ознак неферментативного потемніння протягом 12 місяців зберігання за температури (18±2) °С і відносної вологості не більше ніж 80% (табл. 3). Для решти зразків у ході зберігання була притаманна поступова втрата білизни. Втрата білизни свідчить про проходження реакції Майяра, яка, як відомо, не уповільнюється навіть за низького вмісту води на відміну від інших біохімічних процесів.

Таблиця 3. Дослідження ознак неферментативного потемніння дослідних зразків сухої молочної сироватки під час зберігання за стандартних умов (n = 3, p ≤ 0,05)

Білизна сухої молочної сироватки, ум.од., при зберіганні:	Суха підсирна сироватка, вироблена без використання технологій знесолення	Суха сироватка, вироблена з використанням:	
		нанофільтрації	електроіскрового оброблення
1 місяць	85,3±3,1	90,6±2,0	97,4±1,0
6 місяців	75,1±2,7	83,6±2,3	95,7±1,1
8 місяців	72,8±3,2	80,1±1,7	95,1±0,8
12 місяців	69±2,7	79±1,8	94,3±1,1

Відсутність ознак комкування та неферментативного потемніння доведена фотозображеннями дослідних зразків через 3 місяці зберігання за стандартних умов зберігання в герметичному пакуванні за температури 18±2° С і відносній вологості не більше 80% (рис. 4а) та під час неконтрольованих умов зберігання у відкритій тарі (рис. 4б).

На рівні із якісними показниками та показниками стабільності під час зберігання на увагу заслуговують дослідження цитотоксичної активності дослідних зразків сухої сироватки. Результати оцінювання цитотоксичної дії досліджуваних зразків сухої молочної сироватки, вироблених із застосуванням електроіскрових розрядів, наведено у табл. 4.

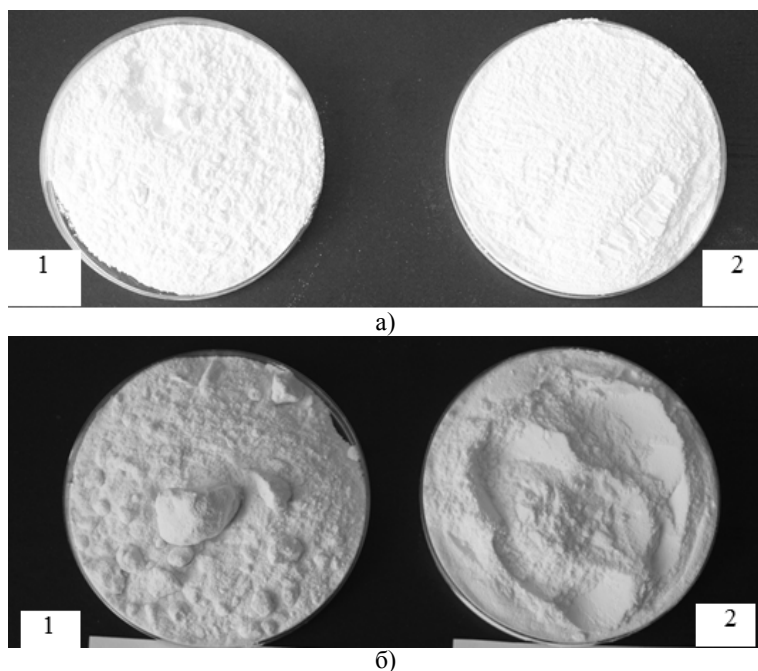


Рис. 4. Фотозображення дослідних зразків сухої сироватки через 3 місяці зберігання за стандартних (а) і нестандартних умов зберігання (б): 1 — суха демінералізована сироватка; 2 — суха сироватка, збагачена магнієм і манганом

Таблиця 4. Цитотоксична активність зразків сухої молочної сироватки

Найменування дослідного зразка	Середньозважений час рухливості, ум.од., у:		Інтегральна оцінка рухливості, ум.од., у:		Індекс токсичності, %
	досліді	контролі	досліді	контролі	
Суша демінералізована сироватка	31,9	36,3	6 605,5	28 313,4	87,9
Суша сироватка, збагачена магнієм і манганом	34,1		8 776,5		93,9

Встановлено, що індекс токсичності зразків сухої демінералізованої сироватки становив 87,9%, а сухої сироватки, збагаченої магнієм та манганом, — 93,9%. Це дає підстави віднести досліджувані зразки сухої сироватки до 4 класу небезпеки малонебезпечних речовин згідно з ГОСТ 12.1.007.

Відомо, що основним джерелом енергії прямолінійно-поступального руху сперматозоїдів є аденозинтрифосфат (АТФ), синтез якого здійснюють мітохондрії. Рухова функція сперматозоїдів зберігається до тих пір, поки в клітині мітохондрії синтезують АТФ [18]. При контакті сухої підсирної сироватки, збагаченої магнієм та манганом, зі сперматозоїдами бика, відмічено, що їх рухлива активність була навіть жвавішою порівняно зі зразком сухої підсирної сироватки. Тобто електроіскрове оброблення не викликало в сироватці потенційно шкідливих чинників, які б могли спричинити порушення проникності мембран мітохондрій, припиняючи їх функціонування, та змінити енергетичний обмін клітин.

Висновки

Обґрунтовано доцільність збагачення молочної сировини магнієм і манганом унаслідок оброблення в розрядній камері зі струмопровідним прошарком гранул відповідних металів.

Доведено покращання розчинності, відсутність ознак неферментативного потемніння протягом зберігання і зниження схильності до злежування в сухій молочної сироватці, виробленій із залученням електрофізичного способу оброблення.

Встановлено, що електроіскрове оброблення не викликає в сироватці потенційно шкідливих чинників. Суха молочно сироватка, збагачена магнієм та манганом внаслідок електроіскрового оброблення, не виявляла цитотоксичну дію на рухливість статевих клітин бика.

Реалізація електроіскрового диспергування струмопровідних гранул магнію і мангану в середовищі молочної сироватки не потребує складного технологічного забезпечення, при цьому спосіб характеризується достатньою ефективністю збагачення продукту мікроелементами.

Запропоновано запроваджувати електроіскрове оброблення в технології сухих концентратів із молочної сироватки на етапі підготовки сировини до сушіння.

Література

1. Храмцов А.Г. Феномен молочной сыворотки. — Санкт-Петербург : Профессия, 2011. — 804 с.
2. Евдокимов И.А. Обработка молочного сырья мембранными методами / И.А. Евдокимов, Д.Н. Володин, М.В. Головкина, М.С. Золотарёва, В.К. Топалов // Молочная промышленность. — 2012. — № 2. — С. 34—37.
3. De Wit J.N. Lecturer's handbook on whey and whey products. — Eindhoven: Huntrskil Howard, 2001. — 91 p.
4. Шипулин В.И. Использование сухой деминерализованной и изомеризованной молочной сыворотки в технологии колбасных изделий / В.И. Шипулин, А.Д. Стрельченко, Д.Г. Фисенко // Пищевая индустрия. — 2012. — № 3(12). — С. 65—66.
5. Скальный А.В. Биэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. — Москва : Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. — 272 с.
6. Дунченко Н.И. Экспертиза молока и молочных продуктов. Качество и безопасность. / Н.И. Дунченко, А.Г. Храмцов, И.А. Макеева, И.А. Смирнова и др.; под общ. ред. В.М. Позняковского. — Новосибирск : Сиб. унив. изд-во. — 2007. — 477 с.
7. Stehlik-Tomas, V. Zinc Copper and Manganese enrichment in yeast *Saccharomyces cerevisiae*/ V. Stehlik-Tomas, V.G. Zetic, D. Stanzer, S. Grba, N. Vahcic // Food Technology and Biotechnology. — 2004. — Vol. 42(2). — P. 115—120.
8. Пономарева О.И. Влияние условий культивирования на выход и качество хлебопекарных дрожжей / О.И. Пономарева, В.Г. Черныш, И.П. Прохорчик // Научный журнал НМУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». — 2001. — Вып. 1. — С. 28—38.
9. Кантере В.М. Теоретические основы технологии микробиологических производств : уч. пособие. — Москва : Агропромиздат, 1990. — 271 с.
10. Спиричев В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский; под общ. ред. В. Б. Спиричева. — 2-е изд. — Новосибирск : Сиб. универ. изд-во, 2005. — 548 с.

11. Патент України на корисну модель № 29856. Спосіб отримання аквахелатів нанометалів «Ерозійно-вибухова нанотехнологія отримання аквахелатів металів» // Косінов Н.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): B01J 13/00, B82В 3/00. Опубл. 25.01.2008. Бюл. № 2. — 2008.
12. *Лопатько К.Г.* Образовани наноразмерной фракции металлов при электроискровой обработке гранул / К.Г. Лопатько, В.В. Олишевский, А.И. Маринин, Е.Г. Афтандиянц // Электронная обработка материалов. — 2013. — № 49(6). — С. 80—85.
13. *Ткаченко С.В.* Передумови використання препаратів з твердою фазою в нанорозмірному стані у якості каталізаторів процесів харчових виробництв // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць. Серія Технічні науки. — 2015. — С. 18—22.
14. *Сердюк А.М.* Нанотехнології мікронутрієнтів: питання безпеки та біотичності наноматеріалів при виробництві харчових продуктів / А.М. Сердюк, М.П. Гуліч, В.Г. Каплуненко, Н.В. Косімов // Академія медичних наук України. — 2010. — Т. 16, № 3 — С. 467—471.
15. *Дробот В.І.* Використання цитратів цинку та магнію, одержаних методом нанотехнології, у хлібпеченні / В.І. Дробот, Ю.В. Бондаренко, В.Г. Каплуненко // Міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю НУХТ «Нові ідеї в харчовій науці — нові продукти харчовій промисловості», 13—17 жов. 2014 р., м. Київ. — Київ : НУХТ, 2014. — С. 60.
16. *Українець А.І.* Коагуляційне очищення жомопресової води гелем алюмінію / А.І. Українець, В.В. Олішевський, Н.М. Пушанко, К.В. Ляпіна, А.І. Маринін // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2015. — Том 21, № 5. — С. 237—243.
17. GEA Niro Research Laboratory. — Analytical Methods Dry Milk Products. GEA Niro Analytical Methods, Methods 15 a, 2005.
18. *Альмова А.А.* Определение токсического действия полимерных материалов на основе N, N-диаллиламино кислот / А.А. Альмова, М.Б. Бегиева // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 93. — С. 539—541.