



УДК 637.143.2:544.77.051.1:577.118

Електрофізичний спосіб збагачення сухої молочної сироватки мінеральними елементами

О.В. Кочубей-Литвиненко, О.А. Чернюшок
okolit@email.ua

Національний університет харчових технологій,
вул. Володимирська, 68, Київ, 01601, Україна

Стаття присвячена проблемі збагачення мінеральними елементами сироватки молочної внаслідок її оброблення електрофізичним способом. Об'єкт дослідження: електрофізичний спосіб збагачення молочної сироватки Магнієм та Манганом. Предмет дослідження: знесолена молочна сироватка до та після електроіскрового оброблення, суха демінералізована сироватка (СДМ) та СДМ, збагачена Магнієм та Манганом. Збагачення сироватки Mg та Mn здійснювали на експериментальному технологічному комплексі, що складається з генератора розрядних імпульсів, блоку управління, розрядної камери, вимірювальних і допоміжних приладів. Експериментально доведено, що оброблення молочної сироватки в розрядній камері зі струмопровідним прошарком гранул Магнію і відповідними електродами і/або зі струмопровідним прошарком гранул мангану й відповідними електродами сприяє підвищенню вмісту Магнію у 1,8...3,2 раза й Мангану у 1,9...5,6 раза залежно від тривалості оброблення. Розглянуто доцільність залучення електрофізичного способу оброблення сировини у технології сухої молочної сироватки з метою її збагачення. Експериментальним шляхом доведено підвищення вмісту Mg і Mn, поліпшення розчинності, відсутність ознак неферментативного потемніння протягом зберігання і зниження схильності до злежування в зразках сухої молочної сироватки після оброблення електрофізичним способом. Запропоновано запроваджувати електроіскрове оброблення в технології сухих концентратів із молочної сироватки на етапі підготовки сировини до сушіння та визначено раціональну тривалість електроіскрового оброблення сироватки, а саме: 30 с – для манганової електродної системи і 60 с – для магнієвої.

Ключові слова: електрофізичний спосіб, електроіскрове диспергування, суха молочна сироватка, збагачення, мікроелементи, магній, манган.

Электрофизический способ обогащения сухой молочной сыворотки минеральными элементами

А.В. Кочубей-Литвиненко, О.А. Чернюшок
okolit@email.ua

Національний університет пищевих технологій,
ул. Владимирская, 68, Киев, 01601, Украина

Статья посвящена проблеме обогащения минеральными элементами сыворотки молочной вследствие ее обработки электрофизическим способом. Объект исследования: электрофизический способ обогащения молочной сыворотки Магнием и Марганцем. Предмет исследования: обессоленная молочная сыворотка до и после электроискровой обработки, сухая деминерализованная сыворотка (СДМ) и СДМ, обогащенная Магнием и Марганцем. Обогащение сыворотки Mg и Mn осуществляли на экспериментальном технологическом комплексе, состоящем из генератора разрядных импульсов, блока управления, разрядной камеры, измерительных и вспомогательных приборов. Экспериментально доказано, что обработка молочной сыворотки в разрядной камере с токопроводящим слоем гранул Магния и соответствующими электродами и/или с токопроводящим слоем гранул Марганца и соответствующими электродами, способствует повышению содержания Магния в 1,8 ... 3,2 раза и

Citation:

Kochubey-Lytvynenko, O.V., Chernyushok, O.A. (2017). Electrophysical method of dray milk whey enrichment with mineral elements. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 19(75), 115–119.

Марганца в 1,9 ... 5,6 раза в зависимости от продолжительности обработки. Исследована целесообразность использования электрофизического способа обработки сырья в технологии сухой молочной сыворотки с целью ее обогащения. Экспериментальным путем доказано повышение содержания Mg и Mn, улучшение растворимости, отсутствие признаков неферментативного потемнения при хранении и снижение склонности к слеживанию в образцах сухой молочной сыворотки после обработки электрофизическим способом. Предложено внедрение электроискровой обработки в технологии сухих концентратов из молочной сыворотки на этапе подготовки сырья к сушке и определена рациональная продолжительность электроискровой обработки сыворотки, а именно: 30 с – для марганцевой электродной системы и 60 с – для магниевой.

Ключевые слова: электрофизический способ, электроискровое диспергирование, сухая молочная сыворотка, обогащение, минеральные элементы, магний, марганец.

Electrophysical method of dry milk whey enrichment with mineral elements

O.V. Kochubey-Lytvynenko, O.A. Chernyushok
okolit@email.ua

National University of Food Technology,
Volodymyrska Str., 68, Kyiv, 01601, Ukraine

The article is dedicated to the issue of milk whey enrichment with mineral elements as a result of it processing by electrophysical method. Subject of research: electrophysical method of milk whey enrichment with Magnesium and Manganese. Scope of research: desalted milk whey before and after electrosparkling discharge, dry demineralized whey (DDW) and DDW enriched with magnesium and manganese. Milk whey enrichment with Magnesium and Manganese was carried out at experimental technological equipment consisting of discharge impulse oscillator, control unit, discharge chamber, measuring and auxiliary instruments. It has been experimentally proved that processing of milk whey in discharge chamber with conductive layer of Magnesium granules and respective electrode and/or with conductive layer of manganese granules and respective electrode increase Magnesium content by 1.8...3.2 times and Manganese content by 1.9...5.6 times subject to processing duration. It is also considered an applicability of electrophysical method of raw material processing in dry whey technology aimed at its enrichment. It has been experimentally proved an increase of Mg and Mn content, improvement in solubility, absence of features of nonenzymic browning during storage and decrease in propensity to alkalization in the samples of dry milk whey after processing with electrophysical method. It is suggested to introduce electrosparkling processing in technology of dry concentrate from dry whey at the phase of raw material preparation for drying and determined reasonable duration of electrosparkling processing of whey, notably 30 seconds for manganese electrode system and 60 seconds – for magnesium one.

Key words: electrophysical method, electric sparkling dispersion, dry milk whey, enrichment, microelements, magnesium and manganese.

Вступ

Зростання цін на незбиране молоко, нестача сировинних ресурсів, екологічні питання спонукають виробників молочної продукції в усьому світі до раціонального використання вторинної молочної сировини. Зацікавленість підприємств молочної промисловості до переробки молочної сироватки має стійку позитивну динаміку. За даними аналітичної агенції ІНФАГРО, виробництво молочної сироватки в Україні у 2017 році зростає активними темпами. Так, в січні 2017 року цього продукту випущено на 10% більше порівняно з січнем 2016 року. На світовому ринку зростає попит на українську суху демінералізовану сироватку. Обсяги її виробництва і споживання в останні роки залишаються незмінно високими. Вона знаходить попит на підприємствах, що виробляють морозиво, молочні, м'ясні, хлібобулочні, кондитерські та інші види харчових продуктів, в тому числі спеціального призначення (De Wit, 2001).

Завдяки запровадженню мембранних методів і електродіалізу суха демінералізована сироватка на відміну від звичайної сухої сироватки характеризується низьким вмістом золи, низькою титрованою кислотністю та приємним солодкуватим присмаком. Залежно від способу виробництва ступінь демінералізації сироватки становить від 25 до 90%. Відомо, що під час знесолення інтенсивно видаляються одновалентні іони (K^+ , Na^+ , Cl^-), що зумовлюють смакові влас-

тливості сироватки. З підвищенням рівня знесолення видаляються аніони фосфорної і лимонної кислот, що своєю чергою призводить до дисоціації комплексів і видалення двовалентних катіонів Ca і Mg (De Wit, 2001; Evdokymov et al., 2012; Hondar and Romanchuk, 2015). При електродіалізі дещо знижується вміст Mn (Khrantsov, 2011; Hondar and Romanchuk, 2015). Отже, на рівні з бажаним з технологічної точки зору видаленням одновалентних іонів після мембранного оброблення спостерігається зниження вмісту біологічно цінних двовалентних іонів.

Відомо, що Mg і Mn необхідні для нормального функціонування організму людини, вони входять до складу багатьох ферментів, які залучаються до обмінних процесів (Spryuchen et al., 2005). Крім того, ці елементи не тільки надають харчовим продуктам функціональних властивостей, а й відіграють істотну технологічну роль. Наприклад, здатні активізувати і стабілізувати дію ферментів дріжджової клітини (Churylyna et al., 2004; Stehlik-Tomas et al., 2004), сприяють зростанню молочнокислої мікрофлори (Kantere, 1990) тощо.

В раціонах харчування переважної більшості населення спостерігається дефіцит цих мікронутрієнтів (Spryuchen et al., 2005). Згідно з критеріями та принципами збагачення, запропонованими ВООЗ (Katserykova, 2004), насамперед належить збагачувати продукти масового споживання тими мікронутрієнта-

ми, дефіцит яких реально існує і достатньо широко розповсюджений.

Виходячи із постійно зростаючого попиту на суху демінералізовану сироватку, в тому числі в продуктах спеціального призначення, доцільним є її цільове збагачення Mg та Mn.

Найбільш поширеним способом поповнення дефіциту мінеральних речовин в харчових продуктах є внесення солей неорганічних кислот. Однак більшість відомих препаратів погано розчиняються у воді, мають неприємний гіркий смак, це може негативно вплинути на органолептичні властивості харчових продуктів, що є неприпустимим згідно з вимогами збагачення харчових продуктів (Кукун, 2013), до того ж мінерали в такій формі мають низьку біологічну доступність. Тому пошук нових способів збагачення харчових продуктів, зокрема молочної сироватки, цінними мінеральними речовинами є актуальним. Перспективним в даному напрямі є використання об'ємного електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металів у водному середовищі (Lopatko, 2015). Метою роботи було обґрунтування доцільності використання даного електрофізичного методу для збагачення молочної сироватки частинками елементів Mg і Mn.

Матеріал і методи досліджень

Об'єкт дослідження: електрофізичний спосіб збагачення молочної сироватки Магнієм та Манганом. Предмет дослідження: знесолена молочна сироватка до та після електроіскрового оброблення, суха демінералізована сироватка (СДМ) та СДМ, збагачена Магнієм і Манганом.

Збагачення сироватки Mg та Mn здійснювали на розробленому науковцями Національного університету біоресурсів і природокористування України експериментальному технологічному комплексі, що складається з генератора розрядних імпульсів, блоку

управління, розрядної камери, вимірювальних і допоміжних приладів (Lopatko, 2015). Параметри оброблення: напруга зарядки конденсатора – 75 ± 5 В; ємність конденсатора – 100 мкФ; проміжок між гранулами металів – до 0,1 мм; частота імпульсів – 0,2...2,0 кГц; експозиція – від 30 до 180 с.

Суху демінералізовану сироватку отримували шляхом знесолення підсирної сироватки на нанофільтраційній («GEA», Данія) або електродіалізній («MEGA», Чехія) установках, 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.

В роботі використовували стандартні і спеціальні методи оцінювання органолептичних, фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей молочної сироватки. Вміст металічних елементів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії за допомогою спектрометра AAS1N (Carl-Zeiss Jena, Німеччина).

Результати та їх обговорення

Встановлено, що електроіскрове диспергування гранул металів в молочній сироватці сприяє збагаченню її частинками Mg і Mn, які здатні утворювати органічні сполуки з компонентами сироватки. Останні мають вищу біологічну доступність, оскільки саме в такій хімічній формі функціонують в організмі.

Експериментально доведено, що оброблення молочної сироватки в розрядній камері зі струмопровідним прошарком гранул Магнію і відповідними електродами і/або зі струмопровідним прошарком гранул Мангану й відповідними електродами сприяє підвищенню вмісту Магнію у 1,8...3,2 раза й Мангану у 1,9...5,6 раза залежно від тривалості оброблення.

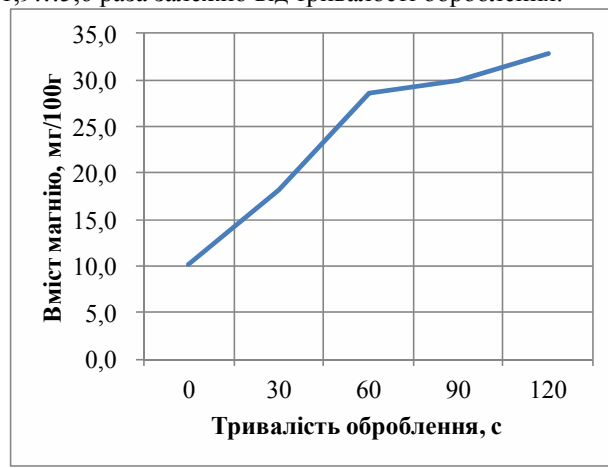


Рис.1. Залежність вмісту Мангану (а) та Магнію (б) в знесоленій молочній сироватці від тривалості електроіскрового оброблення

Проте органолептична оцінка оброблених зразків засвідчила наявність вираженого специфічного смаку і запаху, не властивого натуральній сироватці, та не-

бажані зміни кольору під час збільшення експозиції понад 120 с при залученні магнієвих та понад 90 с –

манганових електродів. За оброблення протягом 30 ... 90 с зберігалися належні органолептичні показники.

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

Повнофакторним експериментом встановлено раціональну тривалість електроіскрового оброблення сироватки, а саме: 30 с – для манганової електродної системи і 60 с – для магнієвої.

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 проведення об'ємного електроіскрового диспергування струмопровідних гранул Mg і Mn в середовищі знесоленої молочної сироватки. Тривалість електроіскрового оброблення відповідала визначеному раціональному режиму.

Перспективи використання сухої молочної сироватки визначаються її складом, властивостями та здатністю до зберігання, тому важливим етапом наукових досліджень є визначення функціонально-технологічних властивостей та стабільності якості продукту при зберіганні. Результати досліджень показників якості та стабільності до зберігання подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники якості сухої молочної сироватки, отриманої з використанням різних способів оброблення

Найменування показника	Суша молочна сироватка, вироблена з використанням:		
	електродіалізу	нано-фільтрації	нанофільтрації та електроіскрового оброблення
Масова частка вологи, %	3,6	3,0	2,2
Вміст Mg, г/кг	0,90	0,93	2,9
Вміст Mn, мг/кг	0,91	1,1	12,9
Титрована кислотність, °Т	11,0	12,0	10,0
Індекс розчинності, см ³ сирого осаду	0,2	0,3	0,1
Показник активності води (Aw), ум. од.	0,245	0,196	0,130
Насипна густина, г/см ³	0,611 ± 0,01	0,429 ± 0,02	0,376 ± 0,01
Середній розмір частинок, мкм	79,7	60,3	63,6
Ступінь злежування, %	17,3	16,4	2,2
Білизна, ум. од.	87,8	90,6	97,4

Дослідження органолептичних, фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей сухої молочної сироватки, збагаченої Mg і Mn, засвідчили відсутність негативного впливу електрофізичного оброблення сировини на якісні показники продукту. Навпаки, поряд зі збільшенням вмісту Mg і Mn дослідні зразки збагаченої сухої сироватки мали найкращу розчинність, низьку схильність до утворення грудочок (ступінь злежування не перевищував 3,0%) та найкращу білизну, при цьому ознаки неферментативного потемніння були відсутніми протягом 12 місяців зберігання.

Висновки

Електроіскрове диспергування гранул магнію і мангану в середовищі молочної сироватки сприяє її збагаченню в біологічно доступній формі частинками магнію в 1,8...3,2 раза й мангану у 1,95...5,6 раза залежно від тривалості оброблення.

Виявлено зниження окисно-відновного потенціалу (зростання антиоксидантних властивостей) в обробленій сироватці з -10 мВ до -70...-290 мВ залежно від тривалості оброблення.

Доведено збільшення вмісту Mg і Mn в зразках збагаченої сироватки, поліпшення розчинності, відсутність ознак неферментативного потемніння протягом зберігання і зниження схильності до злежування в сухій молочної сироватці, виробленій із залученням електрофізичного способу оброблення.

Отримані результати засвідчили, що використання електроіскрового оброблення в технології концентратів із молочної сироватки дозволить отримати продукт з покращеними функціонально-технологічними показниками, стабільний до зберігання, збагачений цінними мінеральними елементами, що сприятиме розширенню асортименту продуктів спеціального призначення.

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

Визначено раціональну тривалість електроіскрового оброблення сироватки, а саме: 30 с – для манганової електродної системи і 60 с – для магнієвої.

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.

Отже, використання електроіскрового оброблення в технології концентратів із молочної сироватки дозволить отримати продукт з покращеними функціонально-технологічними показниками, стабільний до зберігання, збагачений цінними мінеральними елементами, що сприятиме розширенню асортименту продуктів спеціального призначення.

Перспективи подальших досліджень. Враховуючи сприятливу дію магнію і мангану на зростання моло-

чнокислої мікрофлори, подальшого дослідження потребує вплив збагаченої сироватки на процес сквашування з метою інтенсифікації виробничих процесів.

Бібліографічні посилання

- De Wit, J.N. (2001). Lecturer's handbook on whey and whey products. Eindhoven: Huntrskil Howard.
- Evdokymov, Y.A., Volodyn, D.N., Holovkyna, M.V., Zolotareva, M.S., Topalov, V.K. (2012). Obrabotka molochnoho syria membrannymi metodami. Molochnaia promyshlennost. 2, 34–37 (in Russian).
- Hondar, O.P., Romanchuk, I.O. (2015). Zmina mineralnoho skladu sukhoi molochnoi syrovatky za riznykh metodiv obroblennia. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. 1(89), 94–99 (in Ukrainian).
- Khramtsov, A.H. (2011). Fenomen molochnoi suvorotky. Spb.: Professyia (in Russian).
- Spyrychev, V.B., Shatniuk, L.N., Pozniakovskiy, V.M. (2005). Obobashchene pyshchevukh produktov vytaimynamy y myneralnumy veshchestvamy. Nauka y tekhnolohyia. 2-e yzd. Novosybyrsk: Syb. unyver. yzd-vo (in Russian).
- Churylyna, N.V., Matveeva, Y.V., Yudyna, T.A. (2004). O vliyanyu dobavok myneralnukh solei y fosfolypazu na kachestvo khleba. Khlebopechenye Rossyy. 3, 24–26 (in Russian).
- Stehlik-Tomas, V., Zetic, V.G., Stanzer, D., Grba, S., Vahcic, N. (2004). Zinc, Copper and Manganese enrichment in yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Food Technology and Biotechnology. 42(2), 115–120.
- Kantere, V.M. (1990). Teoretycheskye osnovu tekhnolohyy mykrobiolohycheskykh proyzvodstv: uch. posobye. M.: Ahropromyzdat (in Russian).
- Katserykova, N.V. (2004). Tekhnolohyia produktov funktsionalnoho pytanyia: Uchebnoe posobye. Kemerovskiy tekhnolohycheskyi ynstitut pyshchevoi promushlennosty. Kemerovo (in Russian).
- Kukyn, M.Iu. (2013). Razrabotka tekhnolohiy tsytrata ammonyia-zheleza, laktata mahnyia y kompleksnykh pyshchevukh dobavok y ykh pryomenenye v pyshchevukh produktakh: avtoref. ... kand. tekhn. nauk. S.-Peterb. nats. yssled. un-t ynformats. tekhnolohiy, mekhanyky y optyky– SPb., 22 (in Russian).
- Lopatko, K.H. (2015). Obruntuvannia fizyko-tekhnolohichnykh osnov biolohichnoi funktsionalnosti nanochastynok metaliv: avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk; NUBiP. K., 46 (in Ukrainian).

Стаття надійшла до редакції 20.03.2017