

## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 615.362 664-404.8

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-66-08>

### **Потенциал молочной сыворотки для получения физраствора жесткого катионного состава**

**Сергей Дмитриевич Руднев<sup>1</sup>, Татьяна Викторовна Шевченко<sup>2</sup>, Елена Владимировна Просвиркина<sup>3</sup>, Юлия Владиславовна Устинова<sup>4</sup>**

<sup>1, 3</sup> Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава России, Кемерово, Россия

<sup>2, 4</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

<sup>1</sup> [sdrudnev@yandex.ru](mailto:sdrudnev@yandex.ru)

<sup>2</sup> [tatyana.shevchenko.1948@mail.ru](mailto:tatyana.shevchenko.1948@mail.ru)

<sup>3</sup> [physic@kemsma.ru](mailto:physic@kemsma.ru)

<sup>4</sup> [yul48888048@yandex.ru](mailto:yul48888048@yandex.ru)

**Аннотация.** Работа посвящена изучению возможностей получения физраствора и сопутствующих ценных компонентов молочной сыворотки (альбуминов и лактозы) методами инженерной физико-химической механики с применением флокулянтов.

**Ключевые слова:** физраствор, молочная сыворотка, флокулянт, полиакриламид

**Для цитирования:** Руднев С.Д., Шевченко Т.В., Просвиркина Е.В., Устинова Ю.В. Потенциал молочной сыворотки для получения физраствора жесткого катионного состава // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 66, № 4. С. 64–73.

## FOOD SYSTEMS

Original article

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-66-08>

### **The potential of whey for obtaining a hard cationic saline solution**

**Sergey D. Rudnev<sup>1</sup>, Tatiana V. Shevchenko<sup>2</sup>, Elena V. Prosvirkina<sup>3</sup>, Yulia V. Ustinova<sup>4</sup>**

<sup>1, 3</sup> Kemerovo State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Kemerovo, Russia

<sup>2, 4</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>1</sup> [sdrudnev@yandex.ru](mailto:sdrudnev@yandex.ru)

<sup>2</sup> [tatyana.shevchenko.1948@mail.ru](mailto:tatyana.shevchenko.1948@mail.ru)

<sup>3</sup> [physic@kemsma.ru](mailto:physic@kemsma.ru)

<sup>4</sup> [yul48888048@yandex.ru](mailto:yul48888048@yandex.ru)

**Abstract.** The work is devoted to the study of the possibilities of obtaining saline and related valuable components of whey (albumins and lactose) by methods of engineering physico-chemical mechanics using flocculants.

**Keywords:** saline, whey, flocculant, polyacrylamide

**For citation:** Rudnev S.D., Shevchenko T.V., Prosvirkina E.V., Ustinova Y.V. The potential of whey for obtaining a hard cationic saline solution. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2023; 66(4):64–73. (in Russ.).

### Введение

Физраствор представляет собой лекарственный препарат, используемый в медицине. По определению, это водный раствор электролитов и других гидрофильных молекул. Физраствор содержит электролиты (ионы натрия и хлорида), которые диссоциируются в растворе [1–2]. Ежегодная потребность физраствора составляет до 200 млн л в год в больницах США. На одного человека средняя потребность физраствора составляет 0,75 л в год, который необходим для отделений реанимации и интенсивной терапии. Для всех форм введения лекарственных препаратов используют физраствор в медицинских учреждениях. В России по объему потребления данный медицинский препарат занимает первое место. Физраствор представляет собой 0,9%-й раствор хлорида натрия, основой которого является дистиллированная вода. Но в некоторых случаях он может быть максимально приближен по солевому составу к сыворотке крови [3–7].

Производство физраствора включает в себя простые, но энергозатратные стадии по современной технологии (рис. 1). На начало ноября 2023 г. цена физраствора простейшего состава в пластиковой упаковке составляет в розничной торговле 60 руб/200 мл по данным, полученным на сайте «Яндексмаркет» [8]. За простой раствор хлорида натрия в дистиллированной воде в пересчете на 1 л – 300 руб.



Рис. 1. Производство физрастворов из воды водопроводной

Fig. 1. Production of saline solutions from tap water

Но так ли хорош натрия хлорид 0,9 %? При достаточно длительном применении он негативно влияет на организм человека. Повышается кислотность крови у человека при избытке хлора. В результате у пациента происходит поражение почек [9].

Сбалансированные растворы Рингера, Рингера–Локка и Тирода, лактаты Рингера и другие специализированные физрастворы востребованы на сегодняшний день, но все они производятся на основе дистиллированной воды [10].

По целому ряду причин в настоящее время существует дефицит физраствора в стране, поскольку его производство рентабельно только при значительных объемах. В России препарат производится на специализированных предприятиях. В стране занимается производством физраствора хлорида натрия 9%-го 37 предприятий, по сведениям из открытых источников. Вода – это основной растворитель физраствора, которая имеет различные источники происхождения [11]. Состав и свойства воды:

1. Насыщенная солями, различная по составу морская вода.
2. Различная по составу вода озер и водохранилищ.
3. Различная по составу проточная вода рек.
4. Различные по составу воды подземные.
5. Различные по составу атмосферные осадки и ледники.
6. Различная по составу вода, полученная при освещении растительных соков.

7. Вода, содержащаяся в жидкостях животных и человека – биологические жидкости: истинный раствор, составляющий основу крови, истинные растворы молока млекопитающих [12–13]. **Постоянный генетически обусловленный состав.**

Полужирным начертанием текста подчеркивается, что минеральный ионный состав истинных растворов, составляющих основу молока животных млекопитающих, постоянен и не зависит от породы и места проживания животного.

В 2008 г. российскими предприятиями было переработано около 1400 тыс. т натуральной молочной сыворотки, по данным М.П. Щетинина [14]. Объем выработки составил 25 %, утилизировано было 4200 тыс. т.

Представленный в табл. 1 сравнительный минеральный состав истинных растворов получен из коровьего молока. В табл. 1 приведены разные виды сыворотки:

1. Молочная сыворотка нативная. В результате молочнокислого брожения ее получают на производстве [15].

2. Молочная сыворотка кислая. В результате производства творога ее получают на производстве [15].

3. Молочная сыворотка сладкая. Вследствие обработки молока разными сычужными ферментами для производства различных видов сыров ее получают [16].

4. Молочная сыворотка соленая – относительно менее изученный побочный молочный продукт получается при производстве сыров Cheddar, Colby и других твердых сыров. Составляет от 2 до 5 % от общих объемов производимой молочной сыворотки количество СоМС [17].

Таблица 1

**Сравнительный состав сыворотки, полученной при переработке молока  
в различные продукты и плазмы крови**

Table 1

**Comparative composition of serum obtained during the processing  
of milk into various products and blood plasma**

Состав	СМ нативная	СМ сладкая	СМ кислая	СМ соленая	Плазма крови
1	2	3	4	5	6
Сухие вещества, %	2,5±0,01	16,8±0,01	2,86±0,07	8,9±0,01	10
Зола, %	0,2±0,003	0,7±0,08	0,21±0,01	1,7±0,11	-
Содержание белков, %	2,2±0,01	10,8±0,4	1,73±0,01	1,0±0,1	7
Небелковый азот, %	0,005±0,001	0,01±0,0	0,006±0,001	0,01±0,0	-
pH	6,5±0,03	6,4±0,02	4,2±0,02	5,5±0,01	7,35–7,45
Лактоза, %	0,1±0,02	2,9±0,03	0,7±0,02	2,4±0,3	-
Молочная кислота, %	0,001±0,0001	0,1±0,03	0,2±0,02	0,07±0,001	-

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Ca <sup>+</sup> (мг 100·г-1)	40±1	20±3	140±10	80±1	9,0-10,3
K <sup>+</sup> (мг 100·г-1)	30±1	100±20	10±0,0	50±6	20
Mg (мг 100·г-1)	20±1	10±1	10±1	10±6	1,8
Na <sup>+</sup> (мг 100·г-1)	10±4	400±20	30±10	1100±50	320
Cl <sup>-</sup> (мг 100·г-1)	–	–	–	–	370
Неорганический фосфор (мг 100·г-1)	10±6	10±3	3±1	10±3	3,5-4,5
Общее содержание фосфора (мг 100·г-1)	20±2	10±3	30±6	20±1	-

Истинный раствор крови является электролитом, состав которого строго контролируется регуляторными механизмами. Жесткими константами электролита плазмы является концентрация всех без исключения катионов. Содержание других ингредиентов плазмы колеблется в довольно широких пределах – это пластичные константы. К последним относится концентрация глюкозы, липидов, белков, фосфатов, мочевины, мочевой кислоты. В то же время в физрастворе не должны содержаться инородные белки.

Из анализа сведений, представленных в таблице, наиболее подходящей по катионному составу для производства физраствора является сыворотка сладкая, полученная после выделения белков ферментами.

На основе анализа существующих методов переработки сыворотки, получивших значительное научное развитие в исследованиях А.Г. Храмцова, И.А. Евдокимова [12, 13, 14], предлагается методами физико-химической механики разделить сыворотку, выделить из неё сначала сывороточные белки, затем лактозу, получив тем самым истинный раствор. В КемТИППе (Кемерово) разработана технология выделения сывороточных белков флокулянтами (полиакриламидом) [15, 16]. Существующие технологии позволяют предложить схему получения физраствора одновременно с выделяемыми селективно высокоценными компонентами сыворотки: альбуминами и аминокислотами, лактозой [17].

Цель исследования – получение физраствора отделением жидкой фазы от компонентов молочной сыворотки (альбуминов и лактозы) с применением флокулянтов.

Задачи исследования:

Выделение белков молочной сыворотки (МС) с помощью вспомогательных веществ (флокулянтов).

Сепарация белкового осадка.

Гидролиз лактозы в растворе.

Нормализация кислотного показателя полученного раствора.

УФ-стерилизация, дозирование, упаковка.

### Результаты и их обсуждение

Процесс флокуляции характеризуется связующим веществом, обычно это высокомолекулярный полимер, который воздействует на коллоидную систему. Флокулянт может действовать либо путем физического соединения коллоидных частиц, либо путем присоединения и нейтрализации поверхностных зарядов.

Полиэлектролиты используются в качестве осаждающих и флокулирующих агентов, в том числе для выделения белка.

Белок представляет собой полиамфолит, свернутый таким образом, что гидрофобные (неполярные) аминокислотные остатки преимущественно ориентированы в сторону от поверхности, при этом положительные и отрицательные заряды слабых и основных групп, а также других полярных групп подвергаются воздействию растворителя.

Большинство белков обладают суммарным отрицательным зарядом в растворах с нейтральным рН. В дополнение к заряженным и гидрофильным группам поверхность белка содержит значительное количество гидрофобных групп, которые важны при определении растворимости белка.

Технологическая схема переработки сыворотки «МС сладкая» показана на рис. 2.

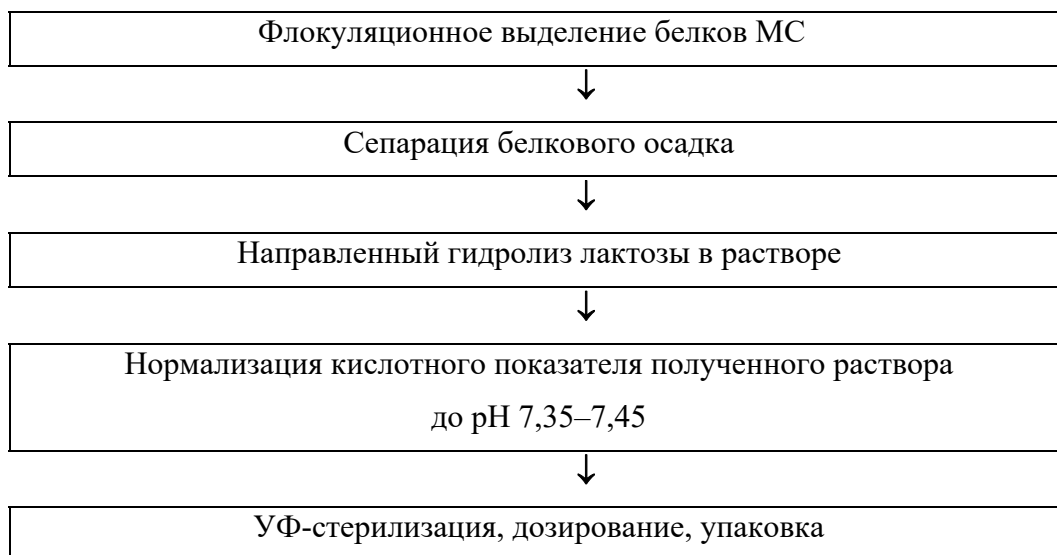


Рис. 2. Технологическая схема переработки сыворотки «МС сладкая» для получения физраствора  
 Fig. 2. Technological scheme for processing MS sweet whey to obtain saline solution

Для осаждения компонентов молочной сыворотки выбрали исходный анионный полиакриламид марки «Праестол» и этот же полимер, модифицированный глицином, с содержанием модификатора в растворе 10 %. Глицин – аминокислота, хорошо растворимая в воде, является полярной молекулой. Он представляет собой бесцветное кристаллическое твердое вещество, гидрофильное по своей природе из-за боковой цепи, содержащей один атом водорода.

Состав молочной сыворотки «сладкая»: белки – 0,8 г, жиры – 0,3 г, углеводы – 5 г.

Растворы исходного и модифицированного флокулянта готовили концентрацией 0,05 %. Модифицированный флокулянт готовили путем растворения твердой фазы полиакриламида водой при  $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$  с последующим добавлением модификатора глицина, перемешивали в течение 5 мин, скорость перемешивания 50 об/мин. Исходный флокулянт готовили аналогичным способом, без добавления модификатора. Для испытаний в 100 мл молочной сыворотки добавляли исходный и модифицированный флокулянт в количестве 0,2 мл. Водородный показатель сыворотки составлял 4,5–4,8. При использовании исходного флокулянта хлопьевидный осадок молочной сыворотки образовался через 20 мин, при использовании модифицированного – через 5 мин. В табл. 2 представлены результаты исследований.

Таблица 2

**Результаты исследований**

Table 2

**Research results**

Флокулянт	Масса осадка, г
Исходный	0,212
Модифицированный глицином 0,05 %	0,502

Результаты испытаний представлены в табл. 3, которая содержит данные о содержании фильтрата с выделившимися компонентами молочной сыворотки.

Таблица 3

**Фильтрат с содержанием компонентов молочной сыворотки**

Table 3

**Filtrate containing whey components**

Полиакриламид	Белок, %	Степень выделения, %	Жир, %	Степень выделения, %
Исходный	0,08	83	0,13	50
Модифицированный	0,22	100	0,28	100

Масса выделившегося осадка белков молочной сыворотки в 2 раза больше, чем при использовании исходного флокулянта, и составила 0,502 г. Степень выделения белка и жира при использовании модифицированного флокулянта 100 %.

Раствор белковых молекул становится менее стабильным за счет уменьшения отталкивающей составляющей потенциала взаимодействия; в случае изоэлектрического осаждения – за счет регулирования рН до уровня, при котором белок имеет более низкий суммарный потенциал.

Полиакриламид в растворе образует спираль сферической формы, если он неионный, и более вытянутую стержнеобразную конфигурацию из-за отталкивания зарядов вдоль основной цепи, если ионный. Противоионы и заряды влияют на следующие свойства, важные для флокуляции:

- растворимость полиэлектролита;
- его конформация в растворе при адсорбции;
- способность связываться с заряженным коллоидом.

Механизм сшивки флокулянта модификатором происходит за счет дополнительных связей -CO-NH<sub>2</sub>-, при этом за счет модификации увеличивается молекулярная масса полимера, снижая расход модифицированного флокулянта. За счёт взаимодействия полимерных цепей с модификаторами вязкость полиакриламида растет. При осаждении белки образуют интерполимерные комплексы. Данный процесс происходит за счет электростатических взаимодействий между отрицательно заряженным и положительно заряженным полимером. На это образование влияют такие факторы, как рН, ионная сила и соотношение полимеров.

Между сывороточным белком и полиакриламидом образуются комплексы, представляющие собой продукты кооперативного взаимодействия комплементарных полимеров. Обратимая реакция кислотно-основного взаимодействия с положительно заряженными аминокислотными группами белка представлена на рис. 3. Реакция происходит за счет карбоксильных групп флокулянта и объясняется принципом Ле-Шателье.

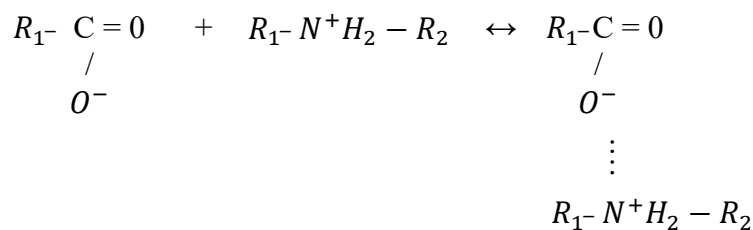


Рис. 3. Реакция кислотно-основного взаимодействия  
 Fig. 3. Acid-base interaction reaction

Константа реакции сдвинута в сторону продуктов реакции, поскольку флокулянт имеет отрицательный заряд. Осаждение частиц объясняется теорией ДЛФО, которая характеризует стабильность энергии взаимодействия частиц в растворе. Взаимодействие между частицами можно разделить на вандервальсовы силы притяжения и отталкивающие электрические силы двойного слоя. Если сумма сил отталкивания больше суммы сил притяжения, то систему можно считать устойчивой. Когда силы притяжения сильнее сил отталкивания, частицы прилипают друг к другу, и в результате происходит флокуляция, при условии, что частицы находятся на больших расстояниях.

Рассмотрим возможные механизмы выделения компонентов молочной сыворотки.

*Осаждение белка молочной сыворотки.* В процессе выделения компонентов молочной сыворотки изменилась макромолекулярная структура флокулянта, что привело к осаждению альбумина и глобулина. Полиакриламид под действием модификатора образует сложные структурные комплексы.

*Выделение жира молочной сыворотки.* За счет присоединения шариков жира к макромолекулам флокулянта процесс происходит по типу «масло в воде» и жир молочной сыворотки стабилизируется белками.

*Выделение лактозы молочной сыворотки.* Доказано снижение концентрации лактозы при помощи аналитического контроля фильтрата поляриметрическим методом. Состав сыворотки неоднороден, поскольку лактоза является дисахаридом. Сыворотка состоит из двух оптических изомеров  $\alpha$ - и  $\beta$ - формы. У первого углеродного атома молекулы глюкозы изомеры отличаются друг от друга пространственным расположением гидроксильной группы.

На рис. 4 представлен фрагмент лактозы двух оптических изомеров  $\alpha$ - и  $\beta$ -формы.



Рис. 4. Фрагмент лактозы двух оптических изомеров  $\alpha$ - и  $\beta$ -формы

Fig. 4. Lactose fragment of two optical isomers of  $\alpha$ - and  $\beta$ -forms

Входящие в состав ПАА аминогруппы реагируют с альдегидной группой лактозы. Реакция взаимодействия представлена на рис. 5, из которого наблюдается образование сложного комплекса.

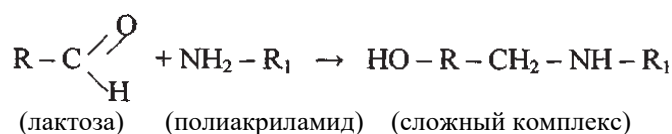


Рис. 5. Реакция аминогрупп ПАА с лактозой

Fig. 5. Reaction of amino groups of PAA with lactose

При флокуляции совместно с белковой фракцией этот сложный комплекс соосаждается, при этом изменяется равновесие по принципу Ле-Шателье. Равновесие сдвигается в сторону  $\alpha$ -лактозы с повышением температуры. Вправо, в сторону  $\beta$ -лактозы, соответственно, при понижении температуры.

Далее проводили в сепараторе с центробежной непрерывной выгрузкой осадка сепарацию белкового осадка. При этом разделение суспензии «хлопья белков-сыворожка» осуществляется в две стадии: сначала гидроциклонированием, затем сепарированием.

Глубокое фракционирование лактозы предусматривают современные тенденции переработки вторичного молочного сырья. Осуществляли с использованием ферментного препарата Лактозим-3000 LHP-G ( $\beta$ -галактозидаза) при pH 7,3 биоконверсию лактозы молочной сыворожки. Затем в интервале температур от 25 до 35 °С проводили гидролиз.

Использовали в целях стерилизации ультрафиолетовое облучение (УФ-облучение) в диапазоне 254 нм. Рекомендовано применять ультрафиолетовое облучение с длиной волны 254–257 нм для стерилизации водных сред. Преимущественно для обеззараживания в технологии лекарств используется УФ-излучение при помощи ртутно-кварцевых ламп ПРК-2. Стерилизация проходит в течение 5 мин, продолжительность хранения полученного физраствора – 2 года в защищенном от света месте.

### Заключение

Представлены результаты осаждения (выделения) ценных компонентов молочной сыворожки (альбуминов, глобулинов и лактозы). Проведенные исследования показали возможность получения физраствора методами инженерной физико-химической механики с применением флокулянтов.

### Список источников

1. Ramos, O.L., Pereira, R.N., Rodrigues, R.M., Teixeira, J.A., et al., Whey and whey powders: Production and uses, *The Encyclopedia of Food and Health*. Vol. 5. Caballero, B., Finglas, P., Toldrá, F. (eds.). Oxford: Academic Press, 2016. P. 498–505.
2. Božanić, R., Barukčić, I., Jakopović, K.L. and Tratnik, L., Possibilities of whey utilisation, *Austin J. Nutri. Food Sci.* 2014. Vol. 2, no. 7. P. 1.
3. Nishanthi, M., Chandrapala, J., Vasiljevic, T. Compositional and structural properties of whey proteins of sweet, acid and salty whey concentrates and their respective spray dried powders, *Int. Dairy J.* 2017. Vol. 74. P. 49. DOI: 10.1016/j.idairyj.2017.01.002.
4. Ong, L., Dagastine, R., Kentish, S., Gras, S., Microstructure and composition of full fat cheddar cheese made with ultrafiltered milk retentate. *Foods*. 2013. Vol. 2, no. 3. P. 310. DOI: 10.3390/foods2030310.
5. Kapoor, R., Metzger, L.E., Evaluation of salt whey as an ingredient in processed cheese, *J. Dairy Sci.* 2004. Vol. 87, no. 5. P. 1143.
6. El-Tanboly, El-Hofí, M., Youssef, Y.B., El-Desoki, W., et al., Utilization of salt whey from Egyptian Ras (cephalotyre) cheese in microbial milk clotting enzymes production, *Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria*. 2013. Vol. 12, no. 1. P. 9.
7. Биохимические исследования в клинике / Комаров Ф.И., Коровкин Б.Ф., Меньшиков В.В. Элиста: Джангар, 1998. 250 с.
8. Колб В.Г., Камышников В.С. Справочник по клинической химии. Минск, 1982. 362 с.
9. Маршалл В. Дж. Клиническая биохимия / пер. с англ. СПб.: Невский диалект, 1999. 368 с.
10. Медицинские лабораторные технологии / под ред. проф. А.И. Карпищенко. СПб.: Интермедика, 1998. Т. 1. 438 с.
11. Обмен минеральных соединений / под ред. проф. Долгова В.В. М., 1996. 3 с.



12. Храмов А.Г. Инновационные технологии продуктов питания на основе нанокластеров молочной сыворотки: монография. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013. 107 с.
13. Храмов А.Г. Феномен молочной сыворотки. СПб.: Профессия, 2011. 804 с.
14. Евдокимов И.А. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки // Молочная пром-сть. 2006. № 2. С. 34–36.
15. Способ выделения белков из молочной сыворотки / Шевченко Т.В., Ульрих Е.В., Амеленко В.П., Кучкина Е.В., Устинова Ю.В. / Пат. на изобретение RU 2412606 C2, 27.02.2011. Заявка № 2009117244/10 от 05.05.2009. Опубликовано: 27.02.2011, Бюл. № 6.
16. Свойства деструктивно модифицированных флокулянтов. / Шевченко Т.В., Устинова Ю.В., Ульрих Е.В., Амеленко В.П. // Журнал прикладной химии. 2010. Т. 83, вып. 3. С. 522–524.
17. Остроумов Л.А., Гаврилов В.Г. Биотрансформация лактозы ферментными препаратами  $\beta$ -галактозидазы // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 1. С. 1–5.

### References

1. Ramos, O.L., Pereira, R.N., Rodrigues, R.M., Teixeira, J.A., et al., Whey and whey powders: Production and uses, The Encyclopedia of Food and Health. Vol. 5. Caballero, B., Finglas, P., Toldrá, F. (eds.). Oxford: Academic Press. 2016. P. 498–505.
2. Božanić, R., Barukčić, I., Jakopović, K.L. and Tratnik, L., Possibilities of whey utilisation, Austin J. Nutri. Food Sci. 2014. Vol. 2, no. 7. P. 1.
3. Nishanthi, M., Chandrapala, J., Vasiljevic, T., Compositional and structural properties of whey proteins of sweet, acid and salty whey concentrates and their respective spray dried powders, Int. Dairy J. 2017. Vol. 74. P. 49. DOI: 10.1016/j.idairyj.2017.01.002.
4. Ong, L., Dagastine, R., Kentish, S., Gras, S., Microstructure and composition of full fat cheddar cheese made with ultrafiltered milk retentate. Foods 2013. Vol. 2, no. 3. P. 310. DOI: 10.3390/foods2030310.
5. Kapoor, R., Metzger, L.E., Evaluation of salt whey as an ingredient in processed cheese. J. Dairy Sci. 2004. Vol. 87, no. 5. P. 1143.
6. El-Tanboly, El-Hofí, M., Youssef, Y.B., El-Desoki, W., et al., Utilization of salt whey from Egyptian Ras (cephalotyre) cheese in microbial milk clotting enzymes production, Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria. 2013. Vol. 12, no. 1. P. 9.
7. Biohimicheskie issledovaniya v klinike / Komarov F.I., Korovkin B.F., Men'shikov V.V. Elista: Dzhangar, 1998. 250 s.
8. Kolb V.G., Kamyshnikov V.S. Spravochnik po klinicheskoy himii. Minsk, 1982. 362 s.
9. Marshall V. Dzh. Klinicheskaya biohimiya (per. s angl.) SPb.: Nevskij dialekt, 1999. 368 s.
10. Medicinskie laboratornye tekhnologii / pod red. prof. A.I. Karpishchenko. SPb.: Intermedika, 1998. T. 1. 438 s.
11. Obmen mineral'nyh soedinenij / pod red. prof. Dolgova V.V. M., 1996. 3 s.
12. Храмов А.Г. Инновационные технологии продуктов питания на основе нанокластеров молочной сыворотки: монография. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013. 107 с.
13. Храмов А.Г. Феномен молочной сыворотки. СПб.: Профессия, 2011. 804 с.
14. Евдокимов И.А. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки // Молочная пром-сть. 2006. № 2. С. 34–36.
15. Способ выделения белков из молочной сыворотки / Шевченко Т.В., Ульрих Е.В., Амеленко В.П., Кучкина Е.В., Устинова Ю.В. / Пат. на изобретение RU 2412606 C2, 27.02.2011. Заявка № 2009117244/10 от 05.05.2009. Опубликовано: 27.02.2011, Бюл. № 6.
16. Свойства деструктивно модифицированных флокулянтов / Шевченко Т.В., Устинова Ю.В., Ульрих Е.В., Амеленко В.П. // Журнал прикладной химии. 2010. Т. 83, вып. 3. С. 522–524.
17. Остроумов Л.А., Гаврилов В.Г. Биотрансформация лактозы ферментными препаратами  $\beta$ -галактозидазы. Техника и технология пищевых производств. 2013. № 1. С. 1–5.

### Сведения об авторах

С.Д. Руднев – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры медицинской и биологической физики и высшей математики, SPIN-код: 6389-7238, AuthorID: 423406;

Т.В. Шевченко – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общей и неорганической химии, SPIN-код: 8143-2193, AuthorID: 213567;

Е.В. Просвиркина – кандидат химических наук, доцент, зав. кафедрой медицинской и биологической физики и высшей математики, SPIN-код: 5422-7291, AuthorID: 50412;

Ю.В. Устинова – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления качеством, SPIN-код: 4584-1987.

### Information about the authors

S.D. Rudnev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Medical and Biological Physics and Higher Mathematics, SPIN-code: 6389-7238, AuthorID: 423406;

T.V. Shevchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry, SPIN-code: 8143-2193, AuthorID: 213567;

E.V. Prosvirkina – PhD of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Medical and Biological Sciences, Department of Biological Physics and Higher Mathematics, SPIN-code: 5422-7291, AuthorID: 50412;

Y.V. Ustinova – PhD of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Quality Management, SPIN-cod: 4584-1987.

Статья поступила в редакцию 01.12.2023; одобрена после рецензирования 04.12.2023; принята к публикации 05.12.2023.

The article was submitted 01.12.2023; approved after reviewing 04.12.2023; accepted for publication 05.12.2023.