

Применение гидролизата сывороточных белков в технологии бессывороточного творога

Аркадий Н. Пономарев ¹	secretar@molvest.ru	 0000-0002-2988-4108
Елена И. Мельникова ¹	melnikova@molvest.ru	 0000-0002-3474-2534
Екатерина В. Богданова ¹	ek-v-b@yandex.ru	 0000-0001-5053-2273

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Проведенные исследования были ориентированы на обоснование возможности производства творожного продукта из нормализованной смеси с гидролизатом сывороточных белков с применением Advanced Technology (AT) и кислотной коагуляции для снижения аллергенности готового продукта. Гидролизат сывороточных белков, полученный с помощью ферментных препаратов Promod 439L и Flavorpro 766MDP, был предложен в качестве компонента нормализации и стабилизатора консистенции, поскольку он характеризуется пониженной аллергенностью и высоким содержанием биологически активных пептидов. Определены химический состав готового продукта, его микробиологические показатели и микроструктура с применением стандартных арбитражных и общепринятых в исследовательской практике методов анализа. Установлено, что замена 30% обезжиренного молока в нормализованной смеси гидролизатом сывороточных белков положительно сказывается на консистенции готового продукта и способствует снижению аллергенности на 50 %. Избыточное содержание гидрофильных сывороточных белков, а также пептидов способствует формированию консистенции и удержанию влаги внутри дисперсной системы без синерезиса. Опытный образец характеризуется высокой концентрацией живых клеток заквасочных микроорганизмов (более 10⁹ КОЕ/г) и высокой выживаемостью заквасочной микрофлоры при хранении (более чем в 4 раза по сравнению с контрольным образцом). Дополнительное протеолитическое расщепление белков нормализованной смеси во время ферментации приводит к снижению их антигенности. Разработанный творожный продукт может быть рекомендован в составе диетического и лечебно-профилактического питания как биологически полноценный продукт с пониженной аллергенностью. Такой подход обеспечивает замкнутый цикл переработки сырья на молочных предприятиях.

Ключевые слова: гидролизат сывороточные белки, замена обезжиренного молока, кислотная коагуляция, творожный продукт, снижение аллергенности

The usage of whey protein hydrolysate in the technology of whey-free quark

Arkady N. Ponomarev ¹	secretar@molvest.ru	 0000-0002-2988-4108
Elena I. Melnikova ¹	melnikova@molvest.ru	 0000-0002-3474-2534
Ekaterina V. Bogdanova ¹	ek-v-b@yandex.ru	 0000-0001-5053-2273

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The research aimed to justify the production of quark from a normalized mixture with whey protein hydrolysate using Advanced Technology (AT) and acid coagulation to reduce the allergenicity of the finished product. The whey protein hydrolysate obtained with the help of the enzymes Promod 439L and Flavorpro 766MDP was proposed as a component of normalization and consistency stabilizer because it is characterized by reduced allergenicity and a high content of biologically active peptides. The chemical composition of the finished product and its microbiological properties as well as microstructure were determined using standard arbitration and generally accepted research practices. It was found that the replacement of 30% of skimmed milk in the normalized mixture with whey protein hydrolysate has a positive effect on the consistency of the finished product and allows to reduce allergenicity at 50%. The excessive content of hydrophilic whey proteins, as well as peptides, contributes to the formation of consistency and moisture retention inside the dispersed system without syneresis. The experimental sample characterized by high concentration of living cells of starter microorganisms (more than 10⁹CFU/gr) and high survival rate of the starter microflora during the storage (more than 4 times in comparison with the control sample). The additional proteolytic breakdown of milk proteins during the fermentation leads to the reduction of the antigenicity of proteins. The developed curd product can be recommended as part of dietary and general diets as biologically complete product with reduced allergenicity. This approach provides a closed cycle for processing raw materials at dairy enterprises.

Keywords: whey protein hydrolysate, skim milk replacement, acid coagulation, curd product, reduced allergenicity

Введение

Создание безотходных и малоотходных технологий переработки молока – постоянная и неотъемлемая часть исследований, осуществляемых в мировой науке [1–5]. Поэтому в отечественной и зарубежной практике одна из главных проблем заключается в переработке вторичного молочного сырья, полученного при производстве сыра и творога, на пищевые и иные цели.

Для цитирования

Пономарев А.Н., Мельникова Е.И., Богданова Е.В. Применение гидролизата сывороточных белков в технологии бессывороточного творога // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 4. С. 95–100. doi:10.20914/2310-1202-2021-4-95-101

Постоянный рост производства белковых молочных продуктов повышает и объем получаемой молочной сыворотки [6, 7]. Перспективным направлением с точки зрения ресурсосбережения является применение комплексных добавок в производстве творога и сыра, обеспечивающих высокую товарность молока, необходимое развитие технологических свойств молочной смеси и эффективное повышение выхода продукта. Это позволяет расширить ассортимент

For citation

Ponomarev A.N., Melnikova E.I., Bogdanova E.V. The usage of whey protein hydrolysate in the technology of whey-free quark. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 4. pp. 95–100. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-4-95-100

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

привлекательных для потребителя продуктов, уменьшить экономические затраты и решить проблемы белковой недостаточности [8–13].

Современные тенденции совершенствования ассортимента творога в РФ ориентированы на создание сбалансированной по пищевой и биологической ценности продукции функциональной направленности с увеличенными сроками годности [14, 15]. Технологические схемы таких продуктов предусматривают полное и комплексное использование сырья, снижение энергозатрат и обеспечение экологической чистоты как продукта, так и окружающей среды.

В этой связи большой научный и практический интерес представляет технология АТ-творога (Advanced Technology). Продукт вырабатывается из молока с повышенной концентрацией сухих веществ, сквашенного гомоферментативными культурами без последующего отделения сыворотки. Данный продукт имеет структуру, подобную творогу, но не предусматривает применения технологии сепарирования сгустка. Одним из наиболее распространенных приемов при производстве АТ-творога является добавление к молочной основе молочно-белкового концентрата, что приводит к повышению массовой доли сухих веществ. Выход творожной основы составляет до 100% по отношению к массе нормализованной смеси, отделения сыворотки от белкового сгустка не происходит.

Существенным недостатком сохранения молочной сыворотки в составе полученного творога является высокая аллергенность сывороточных белков [16]. Возникающая аллергическая реакция представляет собой иммунный ответ немедленного типа, поскольку обусловлена повышением уровня иммуноглобулина Е непосредственно при всасывании в кровь антигена [17–19]. Наличие антигенных участков в молекулах большинства сывороточных белков обуславливает необходимость и актуальность разработки способов модификации белкового комплекса молочной сыворотки для применения в технологии продуктов функциональной направленности [20, 21].

Авторами предложено применение в качестве компонента нормализации при производстве творожного продукта по АТ-технологии гидролизата сывороточных белков, полученного с помощью ферментных препаратов Promod 439L и Flavorpro 766MDP и характеризующегося сниженной аллергенностью и высоким содержанием биологически активных пептидов [22].

Цель работы – практическое обоснование выработки творожного продукта из нормализованной смеси с гидролизатом сывороточных белков с применением АТ-технологии и кислотной коагуляции для снижения аллергенности готового продукта.

Материалы и методы

В качестве объектов исследований выбраны: творожный продукт, выработанный по АТ-технологии из нормализованной смеси, состоящей из цельного молока, обезжиренного молока и концентрата сывороточных белков (контрольный образец); творожный продукт, выработанный аналогичным образом из нормализованной смеси, состоящей из цельного молока, обезжиренного молока и концентрата сывороточных белков, с заменой 30% обезжиренного молока, необходимого для нормализации, на гидролизат сывороточных белков, полученный с помощью ферментных препаратов Promod 439L и Flavorpro 766MDP (экспериментальный образец). Для сквашивания применяли мезофильную гомоферментативную заквасочную культуру R-703 компании Chr. Hansen (Дания).

Отбор проб объектов исследования и подготовку их к анализу проводили в соответствии с ГОСТ 26809.1–2014. Химический состав готовых продуктов, а также микробиологические показатели определяли в научно-исследовательских лабораториях ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» и ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» с применением стандартных арбитражных и общепринятых в исследовательской практике методик, описанных в нормативных документах РФ (ГОСТ Р 54668–2011, ГОСТ 23327–98, ГОСТ 5867–90, ГОСТ Р 54667–2011, ГОСТ 31980–2012, ГОСТ EN 15505–2013, ГОСТ 10444.12–2013). Оценку микроструктуры творожных продуктов проводили с помощью микроскопирования (микроскоп «Альтами Био 1», фотонасадка Canon) при увеличении в 1200 раз. Предварительно образцы выдерживали в морозильной камере при температуре $(-18 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. С применением криостатного микротомы получали микроскопический препарат в виде замороженного среза. Его быстро помещали на предметное стекло, накрывали покровным и закрепляли на предметном столике микроскопа. Обезжиренные предметные и покровные стекла также предварительно выдерживали в морозильной камере для охлаждения в течение 2 ч. Изображение микроструктуры фиксировали с помощью фотонасадки.

Экспериментальные исследования каждого образца проводили 5–10 раз в трехкратной последовательности. Расчеты, построение диаграмм и их описание проводили методами математической статистики с помощью приложений Microsoft Office 19 для Windows. Результаты представлены с учетом погрешностей, найденных методом наименьших квадратов. Интервал доверительной вероятности $P > 0,95$.

Ограничениями проведенных экспериментальных исследований были погрешности и неопределенности используемых методов анализа, что повлияло на представленные результаты.

Результаты

Для выработки творожного продукта со сниженной аллергенностью применяли стандартные технологические операции по получению белкового сгустка кислотным способом. Поскольку добавление гидролизата сывороточных белков в нормализованную смесь приводит к снижению массовой доли казеина в ней, а это может повлиять на качество полученного продукта, изучен его химический состав (таблица 1) и микроструктура. Содержание основных макрокомпонентов в творожном продукте с гидролизатом сывороточных белков максимально приближено к контрольному образцу, что свидетельствует о высокой эффективности замены части обезжиренного молока в нормализованной смеси.

По результатам микроскопирования доказано, что белковый сгусток опытного образца более плотный, в нем присутствуют отдельные жировые шарики и их конгломераты.

Видны белковые петли с заключенной в них дисперсионной средой, что свидетельствует о структурообразующих свойствах сывороточных белков и их гидролизата. Белковые волокна тонкие и короткие, без свободных окончаний (рисунок 1).

Увеличение количества свободных аминокислот и пептидов в нормализованной смеси с гидролизатом сывороточных белков может активизировать способность заквасочных культур к росту и развитию. Поэтому были изучены пребиотические свойства разработанного творожного продукта, и установлено содержание молочнокислых микроорганизмов в нем (рисунок 2, таблица 2).

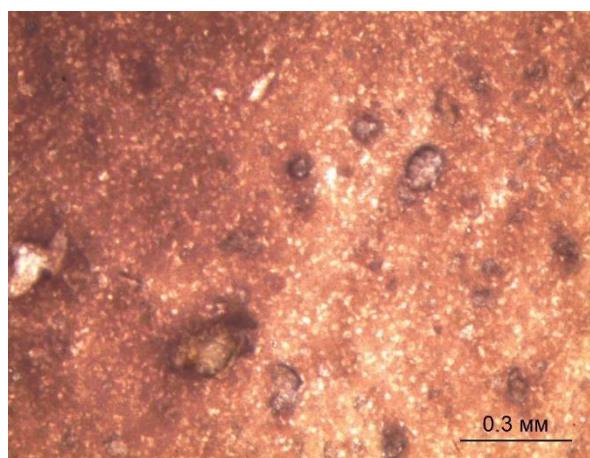
Таблица 1.

Химический состав творожных продуктов

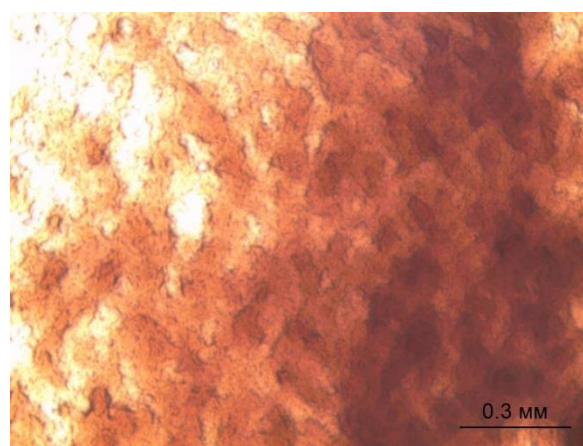
Table 1.

Chemical composition of quark products

Показатель Indicator	Образец Sample	
	Опыт Test	Контроль Control
Массовая доля Mass fraction		
Сухих веществ, % Dry matter, %	21,13±0,50	19,84±0,50
Жир, % Fat, %	5,0±0,1	5,0±0,1
Общий белок, % Total protein, %	10,58±0,25	10,33±0,25
Казеин, % Casein, %	6,41±0,25	8,16±0,25
Лактоза, % Lactose, %	3,94±0,70	3,21±0,70
Кальций, % Calcium, %	0,16±0,01	0,24±0,01
Фосфор, % Phosphorus, %	0,11±0,01	0,19±0,01
Натрий, % Sodium, %	0,78±0,01	0,72±0,01
Калий, % Potassium, %	0,16±0,01	0,30±0,01



(a)



(b)

Рисунок 1. Микроструктура образцов творожных продуктов: (a) контрольный образец, (b) опытный образец

Figure 1. Microstructure of quark products: (a) control sample, (b) test sample



Рисунок 2. Колонии молочнокислых микроорганизмов исследованных продуктов на среде Бликфельда: а) контрольный образец, б) опытный образец

Figure 2. Colonies of lactic acid microorganisms of the studied products on the Blickfeldt medium: a) control sample, b) test sample

Таблица 2.

Содержание молочнокислых микроорганизмов в изученных образцах

Table 2.

The content of lactic acid microorganisms in the studied samples

Образец Sample	Содержание микроорганизмов, КОЕ/г Microbial content, CFU/gr		
	Закваска Starter culture	в конце сквашивания at the end of fermentation	через 7 суток хранения при $t = (4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ after 7 days of storage at $t = (4 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Контроль Control	$0,1 \times 10^8$	$1,5 \times 10^8$	$1,2 \times 10^7$
Опыт Test	$0,1 \times 10^8$	$11,3 \times 10^8$	$3,4 \times 10^8$

В процессе сквашивания экспериментальной нормализованной смеси наблюдалось увеличение скорости роста популяции молочнокислых микроорганизмов.

Обсуждение

По результатам проведенных исследований установлено, что замена части обезжиренного молока в составе нормализованной смеси гидролизатом сывороточных белков оказывает положительное влияние на консистенцию готового продукта. Формирование его структуры начинается на стадии тепловой обработки, во время которой происходят процессы денатурации полипептидных цепей белка. В результате возникают полости, в которые устремляется дополнительное количество осмотической воды. Избыточное содержание гидрофильных сывороточных белков, а также пептидов способствует формированию консистенции и удержанию влаги внутри дисперсной системы без синерезиса.

Еще одним преимуществом применения гидролизата сывороточных белков в технологии бессывороточного творога является тот факт, что на начальном этапе развития в процессе своей жизнедеятельности заквасочные микроорганизмы

используют свободные аминокислоты нормализованной смеси для синтеза собственных белков и ферментов. Поскольку гидролизат характеризуется высоким содержанием свободных аминокислот и пептидов, в том числе биологически активных [22], скорость роста популяции заквасочных микроорганизмов в экспериментальной нормализованной смеси выше, чем в контрольном образце. Кроме того, в результате выработки экзоферментов бактериальными клетками закваски происходит протеолитический распад белков молока, что дополнительно способствует снижению антигенности белковых молекул и аллергенности готового продукта до 50%.

Благодаря высокой концентрации живых клеток заквасочных микроорганизмов и их выживаемости в готовом продукте, выработанный с применением гидролизата сывороточных белков, он может быть рекомендован для профилактического диетического питания. Это обусловлено тем, что молочная кислота, накапливаясь в продукте в качестве основного метаболита молочнокислых бактерий, характеризуется свойством предотвращать рост гнилостных бактерий в кишечнике человека.

Заключение

В ходе проведенного исследования установлена целесообразность замены до 30% обезжиренного молока, необходимого для нормализации, на гидролизат сывороточных белков в технологии бессывороточного творога. При этом готовый продукт соответствует контрольному образцу по содержанию основных макрокомпонентов и имеет мягкую мажущую консистенцию без отделения сыворотки. Выживаемость заквасочной микрофлоры повышается в творожном продукте с гидролизатом сывороточных белков в процессе его хранения в 4 раза с сравнении с контрольным образцом.

Реализация предложенного подхода на предприятиях молочной промышленности

позволит максимально использовать нутриенты молочного сырья и получить многокомпонентный продукт повышенной биологической ценности со сниженной аллергенностью. Дальнейшие исследования в рамках проблемы по снижению аллергенности молочных продуктов будут ориентированы на изучение влияния разработанного творожного продукта на метаболизм человека и его безопасность при употреблении в составе пищевых рационов.

Благодарности

Работа осуществлялась в рамках гранта Президента РФ на 2020–2021 гг. для молодых ученых – кандидатов наук, соглашение № 075–15–2020–322 (МК-1267.2020.11).

Литература

- 1 Božanić R., Barukčić I., Lisak Jakopović K., Tratnik L. Possibilities of Whey Utilisation // Austin Journal of Nutrition and Food Sciences. 2014. V. 2. №. 7. P. 1036–1042.
- 2 Chandrajith V.G.G., Karunasena G.A.D.V. Applications of Whey as a Valuable Ingredient in Food Industry // Dairy and Veterinary Sciences journal. 2018. V. 6. № 5. P. 555698. doi: 10.19080/JDVS.2018.06.555698.
- 3 Khrantsov A.G. Traditions and innovations of dairy industry // Foods and raw materials. 2015. V. 3. №. 1. P. 140–141. doi: 10.12737/11247
- 4 Królczyk J.B., Dawidziuk T., Janiszewska-Turak E., Sołowiej B. Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – a Review // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2016. V. 66. №. 3. P. 157–165. doi: 10.1515/pjfn-2015-0052
- 5 Papademas P., Kotsaki P. Technological Utilization of Whey towards Sustainable Exploitation // Journal of Advances in Dairy Research. 2019. V. 7. №. 4. P. 231. doi: 10.35248/2329-888X.7.4.231
- 6 Kayanush J., Olson D.W. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. // Journal of Dairy Science. 2017. V. 100. P. 9987–10013. doi: 10.3168/jds.2017-12981
- 7 Khanal B.K.S., Pradhan M., Bansal N. Cheese: Importance and Introduction to Basic Technologies // Journal of Food Science and Technology Nepal. 2019. №. 11. P. 14–24. doi: 10.3126/jfstn.v11i0.29666
- 8 Bannikova A.V., Evdokimov I.A. The scientific and practical principles of creating products with increased protein content // Foods and Raw Materials. 2017. V. 3. №. 2. P. 3–12. doi: 10.12737/13114
- 9 Halavach T.N., Kurchenko V.P., Zhygankov V.G., Evdokimov I.A. Determination of physicochemical, immunochemical and antioxidant properties, toxicological and hygienic assessment of whey protein concentrate and its hydrolysate // Foods and Raw Materials. 2015. V. 3. №. 2. P. 105–114. doi: 10.12737/13127
- 10 Meena G.S., Singh A.K., Panjagari N.R., Arora S. Milk Protein Concentrates: Opportunities and Challenges // Journal of Food Science and Technology. 2017. V. 54. №. 10. P. 3010–3024. doi: 10.1007/s13197-017-2796-0
- 11 Minj S., Anand S. Whey Proteins and Its Derivatives: Bioactivity, Functionality, and Current Applications // Dairy. 2020. V. 1. P. 233–258. doi: 10.3390/dairy1030016
- 12 Patel S. Emerging trends in nutraceutical applications of whey protein and its derivatives // Journal of food science and technology. 2015. V. 52. №. 11. P. 6847–6858. doi: 10.1007/s13197-015-1894-0
- 13 Мельникова Е.И., Богданова Е.В., Багацкая М.И. Белковая композиция для кисломолочных напитков // Молочная промышленность. 2012. № 10. С. 66.
- 14 Alekseeva Y.A., Garmaev D.T., Khoroshailo T.A., Serdyuchenko I.V. Innovative technologies in the production of curd // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. V. 1155. №. 1. P. 012084. doi: 10.1088/1757-899X/1155/1/012084
- 15 Gerber Y., Oshchepkova E., Gavrilov A., Ermolin D. Improvement of curd mass production technology // E3S Web of Conferences. 2021. V. 284. №. 02014. doi: 10.1051/e3sconf/202128402014
- 16 Martorell-Aragónés A., Echeverría-Zudaire L., Alonso-Lebrero E., Boné-Calvo J. et al. Position document: IgE-mediated cow's milk allergy // Allergologia et Immunopathologia. 2015. V. 43. №. 5. P. 507–526. doi: 10.1016/j.aller.2015.01.003
- 17 Bu G., Luo Y., Chen F., Liu K. et al. Milk processing as a tool to reduce cow's milk allergenicity: a mini-review // Dairy Science and Technology. 2013. V. 93. №. 3. P. 211–223. doi: 10.1007/s13594-013-0113-x
- 18 Rowicka G., Strucińska M., Riahi A., Weker H. Diet and Nutritional Status of Children with Cow's Milk Protein Allergy, Treated with a Milk-Free Diet // International Journal of Allergy Medications. 2017. V. 3. №. 025. doi: 10.23937/2572-3308/1510025
- 19 Villa C., Costa J., Oliveira M.B.P.P., Mafra I. Bovine Milk Allergens: A Comprehensive Review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2018. V. 17. P. 137–164. doi: 10.1111/1541-4337.12318
- 20 Jaiswal L., Worku M. Recent perspective on cow's milk allergy and dairy nutrition // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2021. doi: 10.1080/10408398.2021.1915241
- 21 Курченко В.П., Головач Т.Н., Червяковский Е.М., Симоненко С.В. и др. Частичные гидролизаты сывороточных белков для специализированного и детского питания // Доклады Российской Академии Наук. 2011. № 1. С. 90–93.
- 22 Melnikova E.I., Bogdanova E.V. Parameters for proteolysis of β -lactoglobulin derived from cheese whey // Food Biotechnology. 2021. V. 35. №. 3. P. 237–251. doi: 10.1080/08905436.2021.1941079

References

- 1 Božanić R., Barukčić I., Lisak Jakopović K., Tratnik L. Possibilities of Whey Utilisation. Austin Journal of Nutrition and Food Sciences. 2014. vol. 2. no. 7. pp. 1036–1042.
- 2 Chandrajith V.G.G., Karunasena G.A.D.V. Applications of Whey as a Valuable Ingredient in Food Industry. Dairy and Veterinary Sciences journal. 2018. vol. 6. no 5. pp. 555698. doi: 10.19080/JDVS.2018.06.555698

- 3 Khramtsov A.G. Traditions and innovations of dairy industry. *Foods and raw materials*. 2015. vol. 3. no. 1. pp. 140–141. doi: 10.12737/11247
- 4 Królczyk J.B., Dawidziuk T., Janiszewska-Turak E., Sołowiej B. Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2016. vol. 66. no. 3. pp. 157–165. doi: 10.1515/pjfn-2015-0052
- 5 Papademas P., Kotsaki P. Technological Utilization of Whey towards Sustainable Exploitation. *Journal of Advances in Dairy Research*. 2019. vol. 7. no. 4. pp. 231. doi: 10.35248/2329-888X.7.4.231
- 6 Kayanush J., Olson D.W. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*. 2017. vol. 100. pp. 9987–10013. doi: 10.3168/jds.2017-12981
- 7 Khanal B.K.S., Pradhan M., Bansal N. Cheese: Importance and Introduction to Basic Technologies. *Journal of Food Science and Technology Nepal*. 2019. no. 11. pp. 14–24. doi: 10.3126/jfstn.v11i0.29666
- 8 Bannikova A.V., Evdokimov I.A. The scientific and practical principles of creating products with increased protein content. *Foods and Raw Materials*. 2017. vol. 3. no. 2. pp. 3–12. doi: 10.12737/13114
- 9 Halavach T.N., Kurchenko V.P., Zhygankov V.G., Evdokimov I.A. Determination of physicochemical, immunochemical and antioxidant properties, toxicological and hygienic assessment of whey protein concentrate and its hydrolysate. *Foods and Raw Materials*. 2015. vol. 3. no. 2. pp. 105–114. doi: 10.12737/13127
- 10 Meena G.S., Singh A.K., Panjagari N.R., Arora S. Milk Protein Concentrates: Opportunities and Challenges. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. vol. 54. no. 10. pp. 3010–3024. doi: 10.1007/s13197-017-2796-0
- 11 Minj S., Anand S. Whey Proteins and Its Derivatives: Bioactivity, Functionality, and Current Applications. *Dairy*. 2020. vol. 1. pp. 233–258. doi: 10.3390/dairy1030016
- 12 Patel S. Emerging trends in nutraceutical applications of whey protein and its derivatives. *Journal of food science and technology*. 2015. vol. 52. no. 11. pp. 6847–6858. doi: 10.1007/s13197-015-1894-0
- 13 Melnikova E.I., Bogdanova E.V., Bagatskaya M.I. Protein composition for fermented milk drinks. *Dairy industry*. 2012. no. 10. pp. 66. (in Russian).
- 14 Alekseeva Y.A., Garmayev D.T., Khoroshailo T.A., Serdyuchenko I.V. Innovative technologies in the production of curd. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. vol. 1155. no. 1. pp. 012084. doi: 10.1088/1757-899X/1155/1/012084
- 15 Gerber Y., Oshchepkova E., Gavrilov A., Ermolin D. Improvement of curd mass production technology. *E3S Web of Conferences*. 2021. vol. 284. no. 02014. doi: 10.1051/e3sconf/202128402014
- 16 Martorell-Aragónesa A., Echeverría-Zudaire L., Alonso-Lebrero E., Boné-Calvo J. et al. Position document: IgE-mediated cow's milk allergy. *Allergologia et Immunopathologia*. 2015. vol. 43. no. 5. pp. 507–526. doi: 10.1016/j.aller.2015.01.003
- 17 Bu G., Luo Y., Chen F., Liu K. et al. Milk processing as a tool to reduce cow's milk allergenicity: a mini-review. *Dairy Science and Technology*. 2013. vol. 93. no. 3. pp. 211–223. doi: 10.1007/s13594-013-0113-x
- 18 Rowicka G., Strucińska M., Riah A., Weker H. Diet and Nutritional Status of Children with Cow's Milk Protein Allergy, Treated with a Milk-Free Diet. *International Journal of Allergy Medications*. 2017. vol. 3. no. 025. doi: 10.23937/2572-3308/1510025
- 19 Villa C., Costa J., Oliveira M.B.P.P., Mafra I. Bovine Milk Allergens: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. vol. 17. pp. 137–164. doi: 10.1111/1541-4337.12318
- 20 Jaiswal L., Worku M. Recent perspective on cow's milk allergy and dairy nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. doi: 10.1080/10408398.2021.1915241
- 21 Kurchenko V.P., Halavach T.N., Cherviakovsky E.M., Simonenko S.V. et al. Whey protein partial hydrolysates for specialized and infant nutrition. *Russian Agricultural Sciences*. 2011. vol. 37. no. 1. pp. 90–93. (in Russian).
- 22 Melnikova E.I., Bogdanova E.V. Parameters for proteolysis of β -lactoglobulin derived from cheese whey. *Food Biotechnology*. 2021. vol. 35. no. 3. pp. 237–251. doi: 10.1080/08905436.2021.1941079.

Сведения об авторах

Аркадий Н. Пономарев д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, secretar@molvest.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-2988-4108>

Елена И. Мельникова д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, melnikova@molvest.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3474-2534>

Екатерина В. Богданова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ek-v-b@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5053-2273>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Arkady N. Ponomarev Dr. Sci. (Engin.), professor, animal-derived food technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, secretar@molvest.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-2988-4108>

Elena I. Melnikova Dr. Sci. (Engin.), professor, animal-derived food technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, melnikova@molvest.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3474-2534>

Ekaterina V. Bogdanova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, animal-derived food technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ek-v-b@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5053-2273>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 11/10/2021	После редакции 01/11/2021	Принята в печать 17/11/2021
Received 11/10/2021	Accepted in revised 01/11/2021	Accepted 17/11/2021