



Молокосодержащие продукты со сниженной антигенностью



Елена И. Мельникова¹ melnikova@molvest.ru  0000-0002-3474-2534
Екатерина В. Богданова¹ ek-v-b@yandex.ru  0000-0001-5053-2273

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

Аннотация. К недостаточно востребованному сырьевому ресурсу молочной отрасли можно отнести сыворотку, содержащую более 50 % сухих веществ молока. Ограничение ее применения на пищевые цели обусловлено высокой остаточной антигенностью сывороточных белков. Цель работы – обоснование возможности применения молокосодержащих продуктов с гидролизатом сывороточных белков, характеризующимся сниженной остаточной антигенностью, в рационах здорового и диетического питания. Экспериментальные работы были выполнены в испытательной лаборатории «МОЛОКО» ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», кафедре технологии продуктов животного происхождения и центре коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов» ФГБОУ ВО ВГУИТ. Разработаны рецептуры напитка для спортивного питания, выработанного из гидролизата сывороточных белков с добавлением фруктозы, и молокосодержащего напитка с заменой 30% обезжиренного молока, необходимого для нормализации, на гидролизат сывороточных белков. Установлен химический состав, физико-химические и микробиологические показатели готовых продуктов. Доказано снижение содержания истинного белка до 1,33% для напитка для спортивного питания и до 1,69% для молокосодержащего напитка. Пептиды и белки в составе готовых продуктов имеют молекулярную массу менее 10 кДа, что свидетельствует о снижении их потенциальной антигенности относительно продуктов аналогичных ассортиментных групп, выработанных без гидролизата сывороточных белков. Разработанные напитки характеризуются высоким содержанием биологически активных пептидов, макро- и микроэлементов, а также витаминов, а показатели качества и безопасности соответствуют требованиям ТР ТС 033/2013. Полученные продукты могут быть применены в составе рационов диетического питания для лиц, страдающих аллергиями на белки коровьего молока. Организация их производства будет способствовать импортозамещению в сегменте низкоаллергенных молочных продуктов.

Ключевые слова: гидролизат, сывороточные белки, спортивное питание, молокосодержащий напиток, остаточная антигенность, химический состав, показатели качества

Milk-containing products with reduced antigenicity

Elena I. Melnikova¹ melnikova@molvest.ru  0000-0002-3474-2534
Ekaterina V. Bogdanova¹ ek-v-b@yandex.ru  0000-0001-5053-2273

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

Abstract. Whey containing more than 50% of milk solids can be attributed to an insufficiently demanded raw material of the dairy industry. The restriction of its usage for food purposes is the high residual antigenicity of whey proteins. This work aimed to justify the possibility of using milk-containing products with whey protein hydrolysate, characterized by reduced residual antigenicity, in healthy and dietary diets. Experimental work was carried out at the All-Russian Scientific Research Institute of Dairy Industry, the Animal-Derived Food Technology department and the Core Facilities Centre "Control and Management of Energy-efficient Projects" at the FSBEI HE VSUET. Compositions were developed for a sports nutrition drink made from whey protein hydrolysate with the addition of fructose, and a milk-containing drink with the replacement of 30% skimmed milk necessary for standardization with whey protein hydrolysate. The chemical composition, physical, chemical and microbiological properties of the finished products were established. The reduction of the true protein content was proven to 1.33% for a sports nutrition drink and to 1.69% for a milk-containing drink. Peptides and proteins in the finished products have a molecular weight of less than 10 kDa, which indicates a decrease in their potential antigenicity. The developed beverages are characterized by a high content of biologically active peptides, macro- and microelements, as well as vitamins. Their quality and safety indicators meet the requirements of the TR CU 033/2013. These products can be used as part of dietary diets for people who are allergic to cow's milk proteins. The organization of their production will contribute to import substitution in the segment of low-allergenic dairy products.

Keywords: hydrolyzate, whey proteins, sports nutrition, milk-containing drink, residual antigenicity, chemical composition, quality indicators

Введение

В соответствии с последними прогнозами ВОЗ к 2050 году население мира может увеличиться на 30–40% и составит около 9,8 млрд [1]. Поэтому актуальным направлением развития пищевой промышленности является поиск новых и альтернативных источников сырья, особенно полноценного белка.

В то же время снижение уровня доходов населения в последние годы обусловило уменьшение потребления мясных, молочных, рыбных продуктов, растительного масла, свежих овощей и фруктов. Это привело к понижению калорийности суточного рациона, особенно за счёт исключения полноценных белков животного происхождения [2, 3]. В результате возникли предпосылки для формирования у отдельных,

Для цитирования

Мельникова Е.И., Богданова Е.В. Молокосодержащие продукты со сниженной антигенностью // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 4. С. 142–147. doi:10.20914/2310-1202-2021-4-142-147

For citation

Melnikova E.I., Bogdanova E.V. Milk-containing products with reduced antigenicity. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 4. pp. 142–147. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-4-142-147

особенно низко доходных, категорий населения признаков белково-энергетической недостаточности [4]. Несбалансированность структуры фактического питания отягощена нарушениями физического развития, обменных процессов и адаптационных механизмов, увеличением анемизации, высоким уровнем заболеваемости, что вынуждает отнести значительную часть населения РФ к группам повышенного риска [5].

В этой связи в соответствии с планами Правительства Российской Федерации в области социально-экономической политики огромное внимание уделяется «поддержке высокотехнологичных и наукоемких производств», в том числе и при производстве продуктов питания. Применительно к молочной отрасли эти тенденции связаны с использованием наилучших доступных технологий и вовлечением вторичных сырьевых ресурсов в технологический цикл переработки [6].

К недостаточно востребованному ресурсу молочной отрасли можно отнести сыворотку, содержащую более 50% сухих веществ молока. В ней обнаружено более 250 соединений и содержится около 100000 молекулярных структур, которые находятся в истинно-растворимом и коллоидно-дисперсном состояниях, а также в виде суспензии (казеиновая пыль) и эмульсии (молочный жир) [7, 8]. Сывороточные белки являются ценным источником цистеина, гистидина, метионина, лизина, треонина, триптофана и аргинина [9]. В них содержится больше незаменимых аминокислот, чем в казеине [10]. По своей биологической ценности сывороточные белки превосходят даже белок куриного яйца. Поэтому они считаются полноценными белками, необходимыми для структурного обмена организма, а также для регенерации белков печени, образования гемоглобина и плазмы крови. Основным фактором, ограничивающим их применение в составе продуктов функционального и лечебно-профилактического питания является высокая антигенность, особенно β -лактоглобулина [11]. Ее снижение возможно посредством различных технологических приемов: высокотемпературная тепловая обработка, применение высокого давления, селективных специфических сорбентов, биокаталическая конверсия (протеолиз) [12].

Цель работы – обоснование возможности применения молокосодержащих продуктов с гидролизатом сывороточных белков [13], характеризующимся сниженной остаточной антигенностью, в рационах здорового и диетического питания.

Материалы и методы

Объекты исследований – напиток для спортивного питания, выработанный из гидролизата

сывороточных белков с добавлением фруктозы, и молокосодержащий напиток с заменой 30% обезжиренного молока, необходимого для нормализации, на гидролизат сывороточных белков и произведенный по технологии молока питьевого.

Экспериментальные работы были выполнены в испытательной лаборатории «МОЛОКО» ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», кафедре технологии продуктов животного происхождения и центре коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов» ФГБОУ ВО ВГУИТ. Использованы стандартные референсные и общепринятые в исследовательской практике методики, подробно описанные в различных нормативных документах РФ (массовая доля общего белка – ГОСТ 23327–98; содержание сывороточных белков – ГОСТ 34536–2019; содержание казеиновых белков – ISO/CD 17997–1/IDF 29–1; содержание небелкового азота – ГОСТ Р 55246–2012; массовая доля лактозы – ГОСТ Р 54667–2011; массовая доля «связанной» золы – ГОСТ 15113.8–77; содержание кальция – ГОСТ Р 55331–2012; содержание общего фосфора – ГОСТ 31980–2012; фракционный состав белков – ГОСТ 33528–2015; КМАФАнМ, БГКП, дрожжи и плесени – ГОСТ 32901–2014).

Измерения различных величин осуществляли 5–10 раз в трехкратной последовательности. Расчеты, построение графиков и их описание проводили методами математической статистики с помощью приложений Microsoft Office 16 для Windows 10, Компас График 3D V19 (АО Аскон, Санкт-Петербург, Россия), программного обеспечения «Brookfield Rheocalc32» (Brookfield Engineering Laboratories, AMETEK, Inc., США). Графические интерпретации и обработку данных осуществляли посредством пакета прикладных программ «MathCad 19.0» (PTC Inc., MA, USA). Результаты представлены в виде среднеквадратичного стандартного отклонения.

Результаты

Для снижения антигенности молочных продуктов предложено применение гидролизата сывороточных белков в качестве компонента нормализации для полной или частичной замены обезжиренного молока. Разработаны рецептурно-компонентные решения молокосодержащих напитков (таблица 1).

Нормализованную молочную смесь подвергали гомогенизации при $t = (65 \pm 2)^\circ\text{C}$ и $P = (12,5 \pm 2,5)$ МПа. Смеси для напитков пастеризовали при $t = (76 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 5 мин. После охлаждения до $t = (4 \pm 2)^\circ\text{C}$ в готовых продуктах установлен химический состав, физико-химические и микробиологические показатели (таблица 2).

Таблица 1.

Рецептуры напитков с гидролизатом сывороточных белков на 1000 кг готового продукта

Table 1.

Composition of drinks with whey protein hydrolysate per 1000 kg of finished product

Ингредиент Ingredient	Содержание, кг Proportion, kg	
	Напиток для спортивного питания Sports nutrition drink	Молокосодержащий напиток Milk-containing drink
Гидролизат сывороточных белков Whey protein hydrolysate	995,0	167,10
Фруктоза Fructose	5,0	–
Молоко коровье с м.д.ж. 3,4% Whole cow's milk mass fraction of fat 3.4%	–	451,61
Молоко обезжиренное с м.д.ж. 0,05% Skimmed milk mass fraction of fat 0.05%	–	389,89

Таблица 2.

Показатели качества и безопасности разработанных продуктов

Table 2.

Quality and safety indicators of the developed products

Показатель Indicator	Напиток для спортивного питания Sports nutrition drink	Молокосодержащий напиток Milk-containing drink
Массовая доля, % Mass fraction, %		
Сухое вещество Dry matter	9,36	10,98
Жир Fat	0,20	2,50
Общий белок Total protein	3,69	3,37
Массовая доля лактозы Lactose	5,11	5,30
«Связанная» зола Bound ash	0,89	0,24
Содержание, % Content, %		
Сывороточный белок Whey protein	3,41	2,44
Казеиновый белок Casein protein	0,32	0,92
Небелковый азот Non-protein nitrogen	0,377	0,269
Содержание, мг/100 г. Content, mg/100 g		
Ca	64,67	112,52
P	41,08	61,59
B ₂	0,284	0,247
B ₁₂	0,406	0,314
Титруемая кислотность Titratable acidity, °T	78	20
Плотность, кг/м ³ Density, kg/m ³	1039	1033
Вязкость, Па×с Viscosity, Pa×sec	2,1×10 ⁻³	1,9×10 ⁻³
КМАФАнМ, КОЕ/см ³ QMA&OAMO, CFU/c.c	0,89×10 ³	0,35×10 ⁴
БГКП в 1 см ³ CGB/c.c.	–	–
Дрожжи и плесени, КОЕ/см ³ Yeast and mold, CFU/c.c	–	–

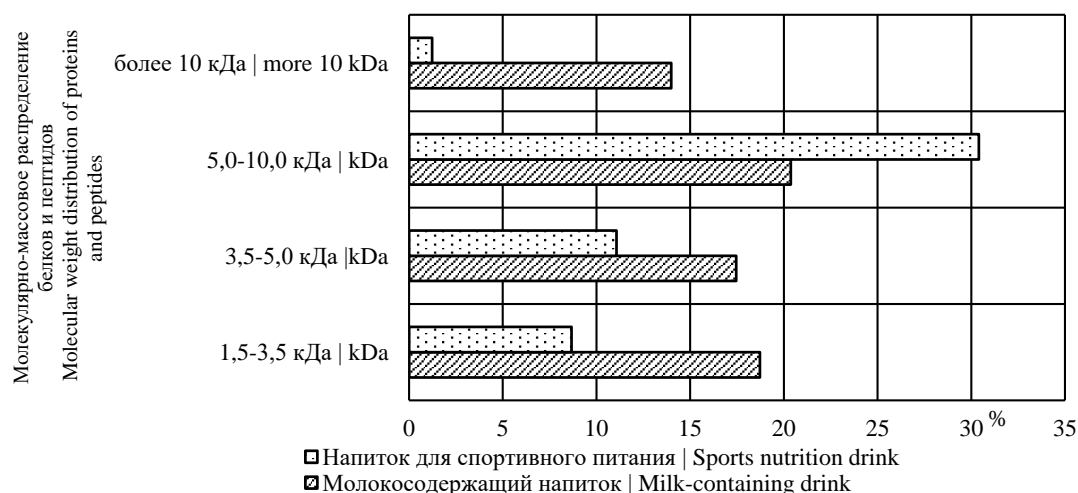


Рисунок 1. Фракционный состав белков разработанных продуктов

Figure 1. Fractional composition of proteins of developed products

Для контроля снижения антигенности разработанных молокосодержащих продуктов определяли фракционный состав присутствующих в них белков и пептидов (рисунок 1).

Снижение антигенности напитка для спортивного питания определяли относительно УФ-концентрата подсырной сыворотки и молокосодержащего напитка – относительно молока коровьего сырого.

Обсуждение

По результатам проведенных исследований доказано снижение содержания истинного белка до 1,33% для напитка для спортивного питания (в УФ-концентрате подсырной сыворотки этот показатель равен 2,61%) [13] и до 1,69% для молокосодержащего напитка (в молоке коровьем сыром – 3,14%). Основная часть пептидов и белковых веществ в составе готовых продуктов имеет молекулярную массу менее 10 кДа, что свидетельствует о снижении их потенциальной антигенности относительно продуктов аналогичных ассортиментных групп, выработанных без гидролизата сывороточных белков.

Присутствие функциональных пищевых ингредиентов в гидролизате сывороточных белков [14–20] позволяет дополнительно обогатить напитки биологически активными пептидами, макро- и микроэлементами, а также витаминами.

Известно, что соотношение аминокислот с разветвленной цепью в гидролизате сывороточных белков близко к оптимальному для воздействия на мышечную массу человека (лейцин: изолейцин: валин = 2,15 : 1,06:1,00) [13]. Следовательно, разработанный напиток для спортивного питания может быть отнесен к группе углеводно-электролитных напитков.

Применение гидролизата сывороточных белков в составе рецептур новых продуктов не привело к существенному изменению их микробиологических показателей. Установлено соответствие основных характеристик напитков со сниженной антигенностью требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

Заключение

Проведенные исследования подтвердили предположение о возможности снижения остаточной антигенности молочных продуктов за счет применения в качестве компонента нормализации частичного гидролизата сывороточных белков. Такой технологический прием позволяет вырабатывать готовые продукты с использованием традиционного оборудования и не усложняет процесс производства.

Ограничения экспериментальных работ обусловлены неопределенностями применяемых методов анализа, а также невозможностью полной инактивации и отделения ферментных препаратов от гидролизата. Это оказывает влияние на достоверность и интерпретацию полученных результатов.

Разработанные продукты могут быть применены в составе рационов здорового и диетического питания для лиц, страдающих аллергией на белки коровьего молока. Организация их производства будет способствовать обеспечению импортозамещения в сегменте низкоаллергенных молочных продуктов.

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 Van Dijk M., Morley T., Rau M.L. et al. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050 // *Nature Food*. 2021. № 2. P. 494–501. doi: 10.1038/s43016-021-00322-9
- 2 Berners-Lee M., Kennelly C., Watson R., Hewitt C.N. Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation // *Elementa: Science of the Anthropocene*. 2018. V. 6. № 52.
- 3 Crist E., Mora C., Engelman R. The interaction of human population, food production, and biodiversity protection // *Science*. 2017. V. 356. №. 6335. P. 260–264. doi: 10.1126/science.aal2011
- 4 Tian J. (J.), Bryksa B.C., Yada R.Y. Feeding the world into the future – food and nutrition security: the role of food science and technology // *Frontiers in Life Science*. 2016. V. 9. № 3. P. 155–166. doi: 10.1080/21553769.2016.1174958
- 5 Пастухова Е.Я., Морозова Е.А. Бедность как фактор риска для здоровья населения в регионах // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 3–2. С. 253–257.
- 6 Храмцов А.Г., Борисенко А.А., Брацихин А.А., Евдокимов И.А. Вопросы реализации наилучших доступных технологий в пищевой промышленности // *Известия ВУЗов. Пищевая технология*. 2020. № 2–3. С. 8–13.
- 7 Храмцов А.Г., Борисенко А.А., Евдокимов И.А., Борисенко А.А., Брацихин А.А., Борисенко Л.А. Эволюция переработки молочной сыворотки: прошлое, настоящее, будущее (часть 1) // *Современная наука и инновации*. 2021. № 2 (34). С. 122–132.
- 8 Batista M.A., Arantes Campos N.C., Coelho Silvestre M.P. Whey and protein derivatives: Applications in food products development, technological properties and functional effects on child health // *Cogent Food & Agriculture*. 2018. V. 4. № 1. doi: 10.1080/23311932.2018.150968
- 9 Alimoradi F., Hojaji E., Jooyandeh H., Hossein S.A. et al. Whey Proteins: Health Benefits and Food Applications // *Journal of International Research in Medical and Pharmaceutical Sciences*. 2016. №. 9 (2). P. 63–73.

- 10 Camargo L.R., Silva L.M., Komerowski M.R., Kist T.B.L. et al. Effect of whey protein addition on the nutritional, technological and sensory quality of banana cake // *International Journal of Food Science & Technology*. 2018. №. 53. P. 2617–2623. doi: 10.1111/ijfs.13857
- 11 Kim H., Ahn S. – I., Jho J. – W., Kim G. – Y. Comparison of Allergic Parameters between Whey Protein Concentrate and Its Hydrolysate in Rat Basophilic Leukemia (RBL) – 2H3 Cells // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2018. V. 38. №. 4. P. 780–793. doi: 10.5851/kosfa.2018.e16
- 12 Zepeda-Ortega B., Goh A., Xepapadaki P., Sprickelman A. et al. Strategies and Future Opportunities for the Prevention, Diagnosis, and Management of Cow Milk Allergy // *Frontiers in Immunology*. 2021. V. 12. №. 1877. doi: 10.3389/fimmu.2021.608372
- 13 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
- 14 Мельникова Е.И., Богданова Е.В., Корнеева Я.А. Антиоксидантная активность гидролизата сывороточных белков // *Вестник ВГУИТ*. 2020. Т. 82. №. 4 (86). С. 213–218. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-213-218
- 15 Mann B., Kumari A., Kumar R., Sharma R. et al. Antioxidant activity of whey protein hydrolysates in milk beverage system // *Journal of food science and technology*. 2015. V. 52. №. 6. P. 3235–3241. doi: 10.1007/s13197-014-1361-3
- 16 Liu X., Jiang D., Peterson D. G. Identification of bitter peptides in whey protein hydrolysate // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2014. V. 62. №. 25. P. 5719–5725. doi: 10.1021/jf4019728
- 17 Jakubowicz D., Froy O. Biochemical and metabolic mechanisms by which dietary whey protein may combat obesity and Type 2 diabetes // *The Journal of nutritional biochemistry*. 2013. V. 24. №. 1. P. 1–5. doi: 10.1016/j.jnutbio.2012.07.008
- 18 Jeewanthi R.K.C., Lee N.K., Paik H.D. Improved functional characteristics of whey protein hydrolysates in food industry // *Korean journal for food science of animal resources*. 2015. V. 35. №. 3. P. 350. doi: 10.5851/kosfa.2015.35.3.350
- 19 Choi J., Sabikhi N., Hassan A., Anand S. Bioactive peptides in dairy products // *International Journal of Dairy Technology*. 2012. V. 65. №. 1. P. 1–12. doi: 10.1111/j.1471-0307.2011.00725.x
- 20 Adjonu R., Doran G., Torley P., Agboola S. Screening of whey protein isolate hydrolysates for their dual functionality: Influence of heat pre-treatment and enzyme specificity // *Food chemistry*. 2013. V. 136. №. 3–4. P. 1435–1443. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.053

References

- 1 Van Dijk M., Morley T., Rau M.L. et al. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*. 2021. no. 2. pp. 494–501. doi: 10.1038/s43016-021-00322-9
- 2 Berners-Lee M., Kennelly C., Watson R., Hewitt C.N. Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation. *Elementa: Science of the Anthropocene*. 2018. vol. 6. no. 52.
- 3 Crist E., Mora C., Engelman R. The interaction of human population, food production, and biodiversity protection. *Science*. 2017. vol. 356. no. 6335. pp. 260–264 doi: 10.1126/science.aal2011
- 4 Tian J. (J.), Bryksa B.C., Yada R.Y. Feeding the world into the future – food and nutrition security: the role of food science and technology. *Frontiers in Life Science*. 2016. vol. 9. no. 3. pp. 155–166. doi: 10.1080/21553769.2016.1174958
- 5 Pastukhova E. Ya., Morozova E.A. Poverty as a risk factor for public health in the regions // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2017. no. 3–2. pp. 253–257. (in Russian).
- 6 Khramtsov A.G., Borisenko A.A., Bratsikhin A.A., Evdokimov I.A. Issues of implementation of the best available technologies in the food industry. *News of universities. Food technology*. 2020. no. 2–3. pp. 8–13. (in Russian).
- 7 Khramtsov A.G., Borisenko A.A., Evdokimov I.A., Borisenko A.A. et al. Evolution of whey processing: past, present, future (Part 1). *Modern Science and Innovation*. 2021. no. 2 (34). pp. 122–132. (in Russian).
- 8 Batista M.A., Arantes Campos N.C., Coelho Silvestre M.P. Whey and protein derivatives: Applications in food products development, technological properties and functional effects on child health. *Cogent Food & Agriculture*. 2018. vol. 4. no. 1. doi: 10.1080/23311932.2018.150968
- 9 Alimoradi F., Hojaji E., Jooyandeh H., Hossein S.A. et al. Whey Proteins: Health Benefits and Food Applications. *Journal of International Research in Medical and Pharmaceutical Sciences*. 2016. no. 9 (2). pp. 63–73.
- 10 Camargo L.R., Silva L.M., Komerowski M.R., Kist T.B.L. et al. Effect of whey protein addition on the nutritional, technological and sensory quality of banana cake. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018. no. 53. pp. 2617–2623. doi: 10.1111/ijfs.13857
- 11 Kim H., Ahn S. – I., Jho J. – W., Kim G. – Y. Comparison of Allergic Parameters between Whey Protein Concentrate and Its Hydrolysate in Rat Basophilic Leukemia (RBL) – 2H3 Cells. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2018. vol. 38. no. 4. pp. 780–793. doi: 10.5851/kosfa.2018.e16
- 12 Zepeda-Ortega B., Goh A., Xepapadaki P., Sprickelman A. et al. Strategies and Future Opportunities for the Prevention, Diagnosis, and Management of Cow Milk Allergy. *Frontiers in Immunology*. 2021. vol. 12. no. 1877. doi: 10.3389/fimmu.2021.608372
- 13 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
- 14 Melnikova E.I., Bogdanova E.V., Korneeva Ya. A. Antioxidant activity of whey protein hydrolysate. *Proceeding of VSUET*. 2020. vol. 82. no. 4 (86). pp. 213–218. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-213-218 (in Russian).
- 15 Mann B., Kumari A., Kumar R., Sharma R. et al. Antioxidant activity of whey protein hydrolysates in milk beverage system. *Journal of food science and technology*. 2015. vol. 52. no. 6. pp. 3235–3241. doi: 10.1007/s13197-014-1361-3
- 16 Liu X., Jiang D., Peterson D. G. Identification of bitter peptides in whey protein hydrolysate. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2014. vol. 62. no. 25. pp. 5719–5725. doi: 10.1021/jf4019728
- 17 Jakubowicz D., Froy O. Biochemical and metabolic mechanisms by which dietary whey protein may combat obesity and Type 2 diabetes. *The Journal of nutritional biochemistry*. 2013. vol. 24. no. 1. pp. 1–5. doi: 10.1016/j.jnutbio.2012.07.008


- 18 Jeewanthi R.K.C., Lee N.K., Paik H.D. Improved functional characteristics of whey protein hydrolysates in food industry. Korean journal for food science of animal resources. 2015. vol. 35. no. 3. pp. 350. doi: 10.5851/kosfa.2015.35.3.350
- 19 Choi J., Sabikhi L., Hassan A., Anand S. Bioactive peptides in dairy products. International Journal of Dairy Technology. 2012. vol. 65. no. 1. pp. 1-12. doi: 10.1111/j.1471-0307.2011.00725.x
- 20 Adjonu R., Doran G., Torley P., Agboola S. Screening of whey protein isolate hydrolysates for their dual functionality: Influence of heat pre-treatment and enzyme specificity. Food chemistry. 2013. vol. 136. no. 3-4. pp. 1435-1443. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.053

Сведения об авторах

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

Елена И. Мельникова консультация в ходе исследования


Екатерина В. Богданова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

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

Elena I. Melnikova consultation during the study

Ekaterina V. Bogdanova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 15/10/2021	После редакции 02/11/2021	Принята в печать 18/11/2021
Received 15/10/2021	Accepted in revised 02/11/2021	Accepted 18/11/2021