




## Антиоксидантная активность гидролизата сывороточных белков




|                        |              |  |   |
|------------------------|--------------|--|---|
| Елена И. Мельникова    | <sup>1</sup> | <a href="mailto:melnikova@molvest.ru">melnikova@molvest.ru</a>         |  0000-0002-3474-2534 |
| Екатерина В. Богданова | <sup>1</sup> | <a href="mailto:ek-v-b@yandex.ru">ek-v-b@yandex.ru</a>                 |  0000-0001-5053-2273 |
| Яна А. Корнеева        | <sup>1</sup> | <a href="mailto:yana.korneeva05@inbox.ru">yana.korneeva05@inbox.ru</a> |  0000-0003-2826-4748 |

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

**Аннотация.** Самой высокой биологической ценностью среди всех белков характеризуются сывороточные, основным недостатком их применения в пищевых технологиях является наличие в молекулах антигенных эпитопов, способных вызывать аллергические реакции в организме человека. Наиболее эффективный способ снижения аллергенности сывороточных белков – их ферментативный гидролиз, приводящий к разрушению антигенных участков и высвобождению биологически активных пептидов, в том числе с антиоксидантным действием. Цель проведенных исследований – определение эффективности гидролиза сывороточных белков в ультрафильтрационном концентрате (УФ-концентрате) подсырной сыворотки для снижения его аллергенности, а также установление антиоксидантной активности полученного гидролизата. Экспериментальные исследования проводили в центре коллективного пользования «Структурно-функциональные исследования белков и РНК» ФГБУН «Институт белка Российской академии наук», а также «Контроль и управление энергоэффективных проектов» ФГБОУ ВО ВГУИТ. Оценка эффективности воздействия на сывороточные белки УФ-концентрата подсырной сыворотки проведена по молекулярно-массовому распределению, длине и заряду продуктов гидролиза. В полученном гидролизате обнаружены производные  $\beta$ -лактоглобулина, содержащие от 5 до 17 аминокислотных остатков с молекулярной массой от 561 до 1943 Да. При этом гидролиз позволил увеличить долю короткоцепочечных пептидов, в том числе с антиоксидантными свойствами. В результате протеолиза сывороточных белков в УФ-концентрате подсырной сыворотки его антиоксидантная активность увеличилась в 2 раза. Степень гидролиза основного аллергенного белка –  $\beta$ -лактоглобулина – составила 90–91%. Полученный гидролизат сывороточных белков может быть рекомендован для применения в технологии различных ассортиментных групп молочных продуктов диетического питания со сниженной аллергенностью и антиоксидантным действием.

**Ключевые слова:** аллергенность, сывороточные белки, молоко, протеолиз, антиоксидантные свойства, пептиды

## Antioxidant activity of whey proteins hydrolysate

|                        |              |  |   |
|------------------------|--------------|--|---|
| Elena I. Melnikova     | <sup>1</sup> | <a href="mailto:melnikova@molvest.ru">melnikova@molvest.ru</a>         |  0000-0002-3474-2534 |
| Ekaterina V. Bogdanova | <sup>1</sup> | <a href="mailto:ek-v-b@yandex.ru">ek-v-b@yandex.ru</a>                 |  0000-0001-5053-2273 |
| Yana A. Korneeva       | <sup>1</sup> | <a href="mailto:yana.korneeva05@inbox.ru">yana.korneeva05@inbox.ru</a> |  0000-0003-2826-4748 |

<sup>1</sup> Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

**Abstract.** Whey proteins has the highest biological value among all proteins, but the main disadvantage of their use in food technologies is the presence of antigenic epitopes in the molecules that can cause allergic reactions in the human body. The most efficient way to reduce the allergenicity of whey proteins is their enzymatic hydrolysis, which leads to the destruction of antigenic sites and the release of biologically active peptides, including those with antioxidant effects. The purpose of the research is the determination of the whey proteins hydrolysis efficiency in an ultrafiltration concentrate (UF-concentrate) of cheese whey to reduce its allergenicity, as well as to establish the antioxidant activity of the obtained hydrolysate. The experimental studies were carried out at the Core Facilities Centre "Structural and Functional Research of Proteins and RNA" at the FSBSI "Institute of Protein of the Russian Academy of Sciences", as well as "Control and Management of Energy-efficient Projects" at FSBEI HE VSUET. Evaluation of the effectiveness of exposure to whey proteins in the UF-concentrate of cheese whey was carried out by the molecular weight distribution, length and charge of hydrolysis products.  $\beta$ -lactoglobulin's derivatives containing from 5 to 17 amino acid residues with a molecular weight of 561 to 1943 Da were found in the finishing hydrolysate. At the same time, hydrolysis made it possible to increase the mass fraction of short-chain peptides, including those with antioxidant properties. As a result of the whey proteins proteolysis in the UF-concentrate of cheese whey, its antioxidant activity increased by 2 times. The degree of hydrolysis of the main allergenic protein,  $\beta$ -lactoglobulin, was 90-91%. The obtained hydrolysate of whey proteins can be recommended for use in the technology of various assortment groups of dairy products for dietary food with reduced allergenicity and antioxidant effect.

**Keywords:** allergenicity, whey proteins, milk, proteolysis, antioxidant properties, peptides

### Введение

Окисление является жизненно важным процессом для аэробных организмов, в том числе позвоночных животных и людей, хотя приводит к образованию свободных радикалов [1].

Их избыток способен подавлять защитные ферменты, такие как супероксиддисмутаза, каталаза и пероксидаза, и вызывать разрушительные и летальные клеточные эффекты (например, апоптоз) за счет окисления мембранных липидов,

Для цитирования

Мельникова Е.И., Богданова Е.В., Корнеева Я.А. Антиоксидантная активность гидролизата сывороточных белков // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 213–218. doi:10.20914/2310-1202-2020-4-213-218

For citation

Melnikova E.I., Bogdanova E.V., Korneeva Ya.A. Antioxidant activity of whey proteins hydrolysate. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 213–218. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-4-213-218

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

клеточных белков, ДНК и ферментов, тем самым останавливая клеточное дыхание. Доказано, что оксидативный стресс катализирует возникновение ряда возрастных заболеваний [2].

Вещества, характеризующиеся антиоксидантным действием, способны связывать свободные радикалы посредством переноса электронов от потенциального антиоксиданта к гидроксильному радикалу, супероксидному радикалу или радикалу оксида азота [3]. Такие свойства проявляют некоторые пептиды, содержащиеся в углеродной цепи от 5 до 16 аминокислотных остатков. Их источником могут быть сырье и продукты животного происхождения (рыба, яйца, молоко) [4, 5]. Например, антиоксидантная активность сывороточных белков обусловлена их вкладом в синтез глутатиона (GSH) [6]. Совместное присутствие цистеина, глутаминовой кислоты и глутамин в трипептиде GSH является важным кофактором и антиоксидантом в клетках и тканях млекопитающих. Восстановленный GSH легко окисляется до дисульфидных разновидностей, окисленного глутатиона (GSSG), оксикислот. Поэтому GSSG способен инактивировать путем прямой конъюгации некоторые эндогенные и экзогенные токсины, включая токсичные металлы, перекиси липидов, хиноны, билирубин и простагландины [7–12].

Сырьевым источником сывороточных белков являются молоко и молочная сыворотка, объемы получения которой ежегодно увеличиваются [13]. Основной недостаток их применения в пищевых технологиях – наличие в молекулах антигенных эпитопов, способных вызывать аллергические реакции в организме человека. Наиболее эффективный способ снижения аллергенности сывороточных белков – их ферментативный гидролиз, приводящий к разрушению антигенных эпитопов и высвобождению биологически активных пептидов, в том числе с антиоксидантным действием [14].

В связи с представленной актуальностью разработана технология протеолиза сывороточных белков в ультрафильтрационном концентрате (УФ-концентрате) подсырной сыворотки.

**Цель работы** – определение эффективности гидролиза, а также установление антиоксидантной активности полученного гидролизата.

### **Материалы и методы**

Объекты исследований – ультрафильтрационный концентрат подсырной сыворотки, выработанный с применением фактора концентрирования 3,9 на промышленной ультрафильтрационной установке MMS Swissflow UF с керамическими мембранами

в условиях ПАО МК «Воронежский»; гидролизат сывороточных белков, полученный с использованием ферментных препаратов Promod 439L и Flavorpro 766MDP (Biocatalysts Limited, Великобритания). Promod 439L – протеаза, субстратом для которой является как  $\beta$ -лактоглобулин, так и  $\alpha$ -лактоальбумин. Flavorpro 766 MDP – ферментный препарат, который может проявлять свойства как экзо-, так и эндопептидазы, отщепляя аминокислоты с высокой гидрофобностью и снижая таким образом горечь образующихся пептидов.

Экспериментальные исследования проводили в центре коллективного пользования «Структурно-функциональные исследования белков и РНК» ФГБУН «Институт белка Российской академии наук», а также центре коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов» ФГБОУ ВО ВГУИТ.

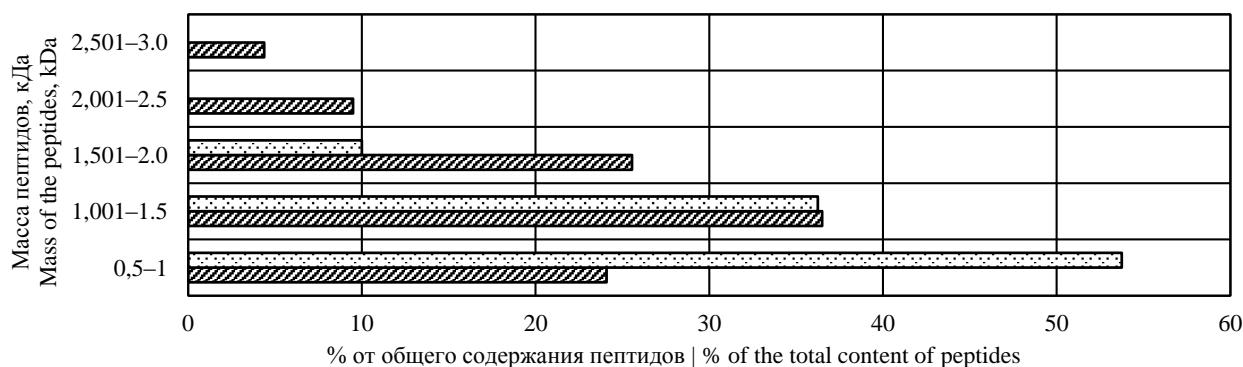
При анализе последовательности аминокислот в пептидах, присутствующих в изученных образцах, электрофоретическое разделение белков осуществляли на установке Mini-PROTEAN Tetra System (BIO-RAD, США), масс-хроматографический анализ вышедших белков – с применением нанопотокового хроматографа Easy-nLC 1000 (Thermo Scientific, США). Детектирование проводили на масс-спектрометре высокого разрешения Orbitrap Elite ETD (Thermo Scientific, Германия), разделение – на капиллярной колонке длиной 150 мм диаметром 75 мкм, заполненной фазой Aeris 1.7 мкм PEPTIDE XB-C18 (Phenomenex, США). Для идентификации результатов масс-спектрометрического анализа была использована коммерческая программа PeaksStudio 7.5 (Bionformatics Solutions Inc. (BSI), Канада).

Аминокислотный состав изученных образцов был установлен методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией нингидрином на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20 Prominence (ГОСТ 32195–2013 и ГОСТ 32201–2013). Для определения антиоксидантной активности использовали методику А.Я. Яшина [15]. Анализ был проведен на приборе «Цвет-Яуза А01-АА».

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 и MathCad 16.0.

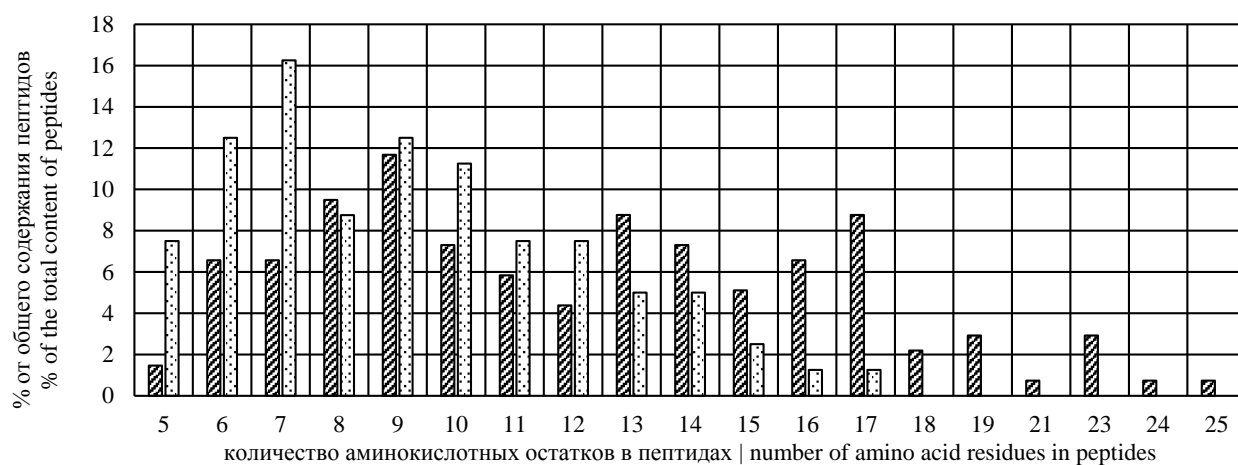
### **Результаты и обсуждение**

Эффективность воздействия на белковые молекулы УФ-концентрата подсырной сыворотки оценена по молекулярно-массовому распределению, длине и заряду продуктов гидролиза (рисунок 1), поскольку известно, что селективность ферментов обусловлена изменениями зарядового состояния аминокислот в активном центре фермента и в месте расщепления, а также в области, прилегающей к участкам расщепления [12, 16, 17].



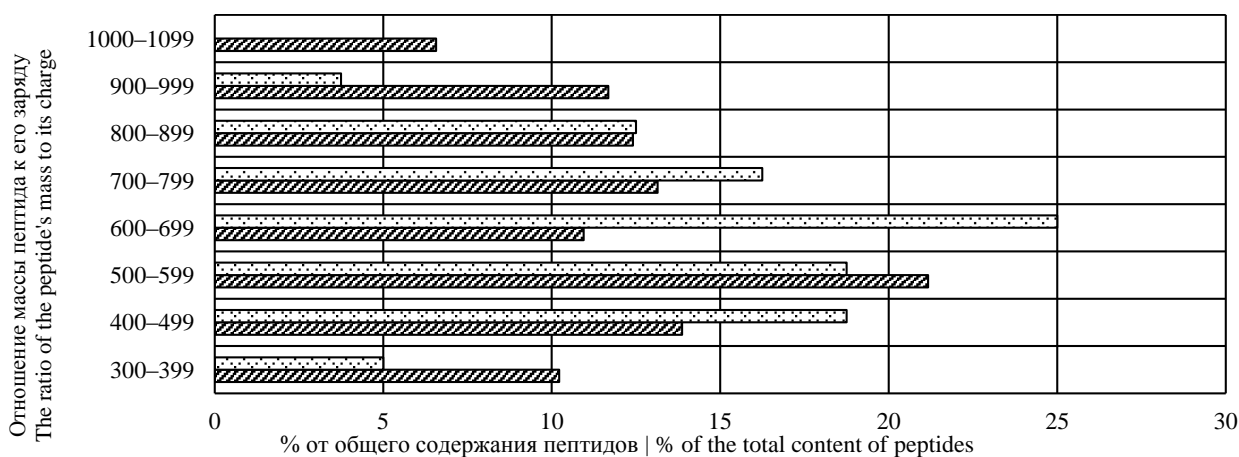
□ Гидролизат сывороточных белков | Hydrolysate of whey proteins  
 ▨ УФ-концентрат подсырной сыворотки | UF-concentrate of cheese whey

(а)



▨ УФ-концентрат подсырной сыворотки | UF-concentrate of cheese whey  
 □ Гидролизат сывороточных белков | Hydrolysate of whey proteins

(б)



□ Гидролизат сывороточных белков | Hydrolysate of whey proteins  
 ▨ УФ-концентрат подсырной сыворотки | UF-concentrate of cheese whey

(в)

Рисунок 1. Распределение продуктов гидролиза основного аллергена сывороточных белков β-лактоглобулина: а) по молекулярной массе; б) по длине; в) по отношению молекулярной массы к заряду

Figure 1. Distribution of hydrolysis products of the β-lactoglobulin as the main allergen of whey proteins: a) by molecular weight; b) by length; c) by the ratio of molecular weight to charge

В полученном гидролизате обнаружены производные β-лактоглобулина, содержащие от 5 до 17 аминокислотных остатков с молекулярной массой от 561 до 1943 Да. Длина пептидов УФ-концентрата подсырной сыворотки составила от 5 до 25 аминокислотных остатков и молекулярная масса – от 624 до 2817 Да. Согласно литературным данным [18] некоторые короткоцепочечные пептиды могут проявлять антиоксидантные свойства, что обусловлено наличием в них определенных аминокислот. Связывание свободных радикалов пептидами происходит гидрофобными концевыми аминокислотами, такими как *Ala* (A), *Pro* (P), *Val* (V), *Ile* (I), *Leu* (L), *Phe* (F), *Trp* (W), *Tyr* (Y) и *Met* (M) [18]. Кроме того, аминокислоты с ароматическими остатками (гистидин и пролин) могут отдавать электроны заряженным радикалам. Поэтому дальнейшие исследования заключались в установлении аминокислотного состава гидролизата сывороточных белков и его антиоксидантной активности (рисунок 2, 3) в сравнении с УФ-концентратом подсырной сыворотки, являющимся сырьем для его получения.

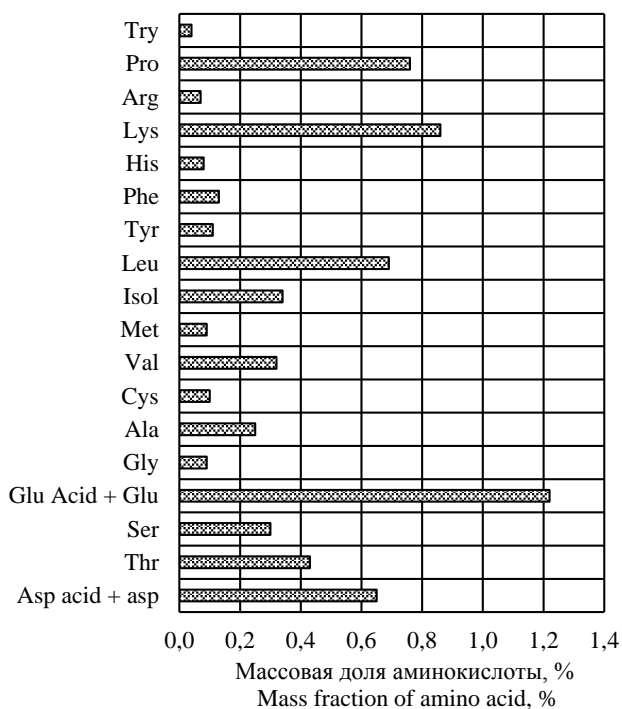


Рисунок 2. Аминокислотный состав гидролизата сывороточных белков

Figure 2. Amino acid composition of whey proteins hydrolysate

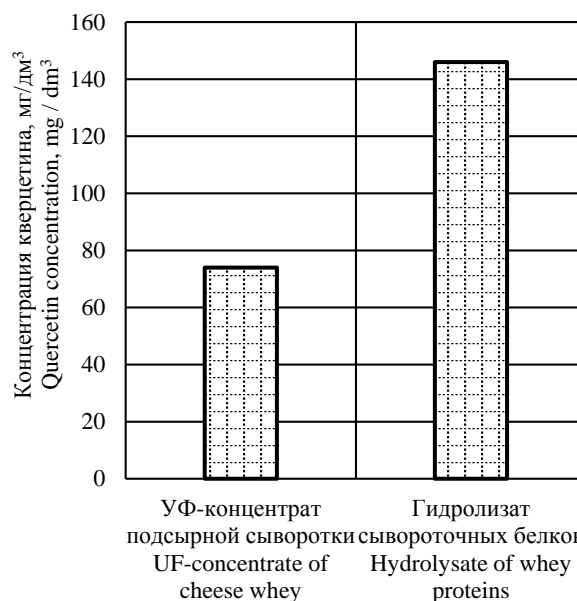


Рисунок 3. Антиоксидантная активность изученных образцов

Figure 3. Antioxidant activity of the studied samples

В результате протеолиза сывороточных белков в УФ-концентрате подсырной сыворотки его антиоксидантная активность увеличилась в 2 раза, что характеризует полученный гидролизат как эффективное средство для борьбы с окислительным стрессом. Степень гидролиза β-лактоглобулина, позволяющая снизить его аллергенность, составила 90–91%.

### Заключение

Протеолиз сывороточных белков в УФ-концентрате подсырной сыворотки ферментными препаратами Promod 439L и Flavorpro 766MDP способствовал получению пептидов с антиоксидантными свойствами, которые могут положительно влиять на метаболические процессы в организме человека. Гидролизат сывороточных белков рекомендован для применения в технологии различных ассортиментных групп молочных продуктов диетического питания со сниженной аллергенностью, проявляющих антиоксидантные свойства.

### 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 El-Sayed M., Awad S. Milk Bioactive Peptides: Antioxidant, Antimicrobial and Anti-Diabetic Activities // *Advances in Biochemistry*. 2019. V. 7. № 1. P. 22–33. doi: 10.11648/j.ab.20190701.15
- 2 Тихомирова Н.А. Специализированная пищевая продукция: качество и безопасность // *Молочная промышленность*. 2017. № 6. С. 38–42.
- 3 Knowles S., Gilmartin S., Arranz E., O'Brien N. et al. Effect of bioavailable whey peptides on C2C12 muscle cells // *Proceedings*. 2019. V. 11. № 35. doi:10.3390/proceedings2019011035

- 4 Neto Y.A.A.H., Rosa J.C., Cabral H., Peptides with antioxidant properties identified from casein, whey, and egg albumin hydrolysates generated by two novel fungal proteases // *Preparative Biochemistry & Biotechnology*. 2019. V. 49. P. 639–648. doi: 10.1080/10826068.2019.1566147
- 5 Corrochano A.R., Buckin V., Kelly P.M., Giblin L. Invited review: Whey proteins as antioxidants and promoters of cellular antioxidant pathways // *Journal of Dairy Science*. 2018. V. 101. P. 4747–4761. doi: 10.3168/jds.2017–13618
- 6 Мельникова Е.И., Богданова Е.В., Багацкая М.И. Белковая композиция для кисломолочных напитков // *Молочная промышленность*. 2012. № 10. С. 66.
- 7 Агаркова Е.Ю., Рязанцева К.А., Кручинин А.Г. Белки молочной сыворотки как источник антиоксидантных пептидов // *Сыроделие и маслоделие*. 2020. № 2. С. 57–58. doi: 10.31515/2073–4018–2020–2–55–56.
- 8 Будкевич Р.О., Чаликова А.В., Емельянов С.А., Слюсарев Г.В. Антиоксидантная активность гидролизатов сывороточных белков молока, полученных с применением фермента пепсина // *Вестник АПК Ставрополя*. 2015. № 3 (19). С. 18–21.
- 9 Головач Т.Н., Тарун Е.И., Дудчик Н.В., Романович Р.В. и др. Характеристика биологически активных гидролизатов белков молочной сыворотки и молозива // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук*. 2018. Т. 63. № 4. С. 409–418.
- 10 Метель В.С., Куликова И.К., Анисимов Г.С., Евдокимов И.А. Исследование полипептидных фракций пермеата обезжиренного молока, полученного методом ультрафильтрации // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2019. Т. 12. № 1 (43). С. 80–85.
- 11 Giblin L., Yalçın A.S., Biçim G., Krämer A.C. et al. Whey proteins: Targets of oxidation, or mediators of redox protection // *Free Radical Research*. 2019. V. 53. P. 1136–1152. doi: 10.1080/10715762.2019.1632445
- 12 Rosa L.O. Lopes da, Santana M.C., Avezedo T.L., Brígida A.I.S. et al. A comparison of dual-functional whey hydrolysates by the use of commercial proteases // *Food Science and Technology*. 2018. V. 38. P. 31–36. doi: 10.1590/fst.08417
- 13 Borisenko A.A., Bratsikhin A.A., Khrantsov A.G., Borisenko A.A. et al. Impact of dispersion medium on functional properties of the proteins // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. V. 9. № 1. P. 296–300.
- 14 Абабкова А.А., Новокшанова А.Л., Фатеева Н.В. Экономическая целесообразность производства пробиотических напитков с гидролизатом сывороточных белков // *Молочная промышленность*. 2020. № 12. С. 22–23. doi: 10.31515/1019–8946–2020–12–22–23
- 15 Станиславская Е.Б., Пономарев А.Н., Мельникова Е.И., Гребенщиков А.В. Антиоксидантная активность продуктов модификации молочной сыворотки // *Молочная промышленность*. 2017. № 11. С. 50–52.
- 16 Kleekayai T., Le Gouic A.V., Deracinois B., Cudennec B. et al. *In vitro* characterisation of the antioxidative properties of whey protein hydrolysates generated under pH – and non pH-controlled conditions // *Foods*. 2020. V. 9. № 582. doi:10.3390/foods9050582/
- 17 O’Keeffe M.B., Conesa C., FitzGerald R.J. Identification of angiotensin converting enzyme inhibitory and antioxidant peptides in a whey protein concentrate hydrolysate produced at semi-pilot scale // *International Journal of Food Science & Technology*. 2017. V. 52. P. 1751–1759. doi: 10.1111/ijfs.13448
- 18 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

## References

- 1 El-Sayed M., Awad S. Milk Bioactive Peptides: Antioxidant, Antimicrobial and Anti-Diabetic Activities. *Advances in Biochemistry*. 2019. vol. 7. no. 1. pp. 22–33. doi: 10.11648/j.ab.20190701.15
- 2 Tikhomirova N.A. Specialized food products: quality and safety. *Dairy industry*. 2017. no 6. pp. 38–42. (in Russian).
- 3 Knowles S., Gilmartin S., Arranz E., O’Brien N. et al. Effect of bioavailable whey peptides on C2C12 muscle cells. *Proceedings*. 2019. vol. 11. no. 35. doi:10.3390/proceedings2019011035
- 4 Neto Y.A.A.H., Rosa J.C., Cabral H., Peptides with antioxidant properties identified from casein, whey, and egg albumin hydrolysates generated by two novel fungal proteases. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*. 2019. vol. 49. pp. 639–648. doi: 10.1080/10826068.2019.1566147
- 5 Corrochano A.R., Buckin V., Kelly P.M., Giblin L. Invited review: Whey proteins as antioxidants and promoters of cellular antioxidant pathways. *Journal of Dairy Science*. 2018. vol. 101. pp. 4747–4761. doi: 10.3168/jds.2017–13618
- 6 Melnikova E.I., Bogdanova E.V., Bagatskaya M.I. Protein composition for fermented milk drinks. *Dairy industry*. 2012. no 10. pp. 66. (in Russian).
- 7 Agarkova E.Yu., Ryazantseva K.A., Kruchinin A.G. Whey proteins as a source of antioxidant peptides. *Cheese and butter making*. 2020. no 2. pp. 57–58. doi: 10.31515/2073–4018–2020–2–55–56 (in Russian).
- 8 Budkevich R.O., Chalikova A.V., Emel’yanov S.A., Slyusarev G.V. Antioxidant activity of milk whey protein hydrolysates obtained with the use of pepsin enzyme. *Bulletin of the Stavropol agro-industrial complex*. 2015. no 3 (19). pp. 18–21. (in Russian).
- 9 Golovach T.N., Tarun E.I., Dudchik N.V., Romanovich R.V. et al. Characteristics of biologically active hydrolysates of whey and colostrum proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological Sciences Series*. 2018. vol. 63. no. 4. pp. 409–418. (in Russian).
- 10 Metel’ V.S., Kulikova I.K., Anisimov G.S., Evdokimov I.A. Investigation of polypeptide fractions of skimmed milk permeate obtained by ultrafiltration. *Food Industry: science and technology*. 2019. vol. 12. no. 1 (43). pp. 80–85. (in Russian).
- 11 Giblin L., Yalçın A.S., Biçim G., Krämer A.C. et al. Whey proteins: Targets of oxidation, or mediators of redox protection. *Free Radical Research*. 2019. vol. 53. pp. 1136–1152. doi: 10.1080/10715762.2019.1632445
- 12 Rosa L.O. Lopes da, Santana M.C., Avezedo T.L., Brígida A.I.S. et al. A comparison of dual-functional whey hydrolysates by the use of commercial proteases. *Food Science and Technology*. 2018. vol. 38. pp. 31–36. doi: 10.1590/fst.08417
- 13 Borisenko A.A., Bratsikhin A.A., Khrantsov A.G., Borisenko A.A. et al. Impact of dispersion medium on functional properties of the proteins. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. vol. 9. no. 1. pp. 296–300.

14 Ababkova A.A., Novokshanova A.L., Fateeva N.V. Economic feasibility of probiotic beverages with whey protein hydrolysate production. Dairy industry. 2020. no. 12. pp. 22–23. doi: 10.31515/1019–8946–2020–12–22–23 (in Russian).

15 Stanislavskaya E.B., Ponomarev A.N., Melnikova E.I., Grebenshchikov A.V. The antioxidant activity of the whey modification products. Dairy industry. 2017. no. 11. pp. 50–52. (in Russian).


16 Kleekayai T., Le Gouic A.V., Deracinois B., Cudennec B. et al. *In vitro* characterisation of the antioxidative properties of whey protein hydrolysates generated under pH – and non pH-controlled conditions. Foods. 2020. vol. 9. no. 582. doi:10.3390/foods9050582/

17 O’Keeffe M.B., Conesa C., FitzGerald R.J. Identification of angiotensin converting enzyme inhibitory and antioxidant peptides in a whey protein concentrate hydrolysate produced at semi-pilot scale. International Journal of Food Science & Technology. 2017. vol. 52. pp. 1751–1759. doi: 10.1111/ijfs.13448


18 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

#### 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>

**Яна А. Корнеева** студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, yana.korneeva05@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2826-4748>

#### 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


**Яна А. Корнеева** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент

#### 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>

**Yana A. Korneeva** student, animal-derived food technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, yana.korneeva05@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2826-4748>

#### 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

**Yana A. Korneeva** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

|                             |                                       |                                    |
|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Поступила</b> 12/10/2020 | <b>После редакции</b> 29/10/2020      | <b>Принята в печать</b> 08/11/2020 |
| <b>Received</b> 12/10/2020  | <b>Accepted in revised</b> 29/10/2020 | <b>Accepted</b> 08/11/2020         |