

Функционально-технологические свойства термостабильного концентрата сывороточных белков

Елена И. Мельникова	¹	melnikova@molvest.ru	 0000-0002-3474-2534
Екатерина Б. Станиславская	¹	tereshkova-katia@yandex.ru	 0000-0002-0955-6238
Екатерина Д. Шабалова	¹	xxx210257@mail.ru	 0000-0002-7802-6150

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

Аннотация. В статье представлены сведения о функционально-технологических свойствах порошков микропартикулята сывороточных белков различного состава. Частицы микропартикулята имели сходные внешние характеристики, а также близкие размеры. Средний диаметр частиц МСБ 60 составил 69,9 мкм, МСБ 80 – 66,5 мкм. Образцы микропартикулята характеризовались хорошей смачиваемостью и диспергируемостью. Индекс растворимости МСБ 60 ниже, чем МСБ 80, что обусловлено большим содержанием хорошо-растворимой лактозы в его составе. Оба объекта исследований относились к «легким» порошкам с насыпной плотностью менее 0,6 г/см³. Более высокое значение насыпной плотности МСБ 80 характеризует его как продукт с менее рыхлой структурой (в сравнении с МСБ 60), а значит, потенциально более стойкий в хранении. Оба образца микропартикулята характеризовались близким значением показателя термообработки, позволяющим отнести их к классу низкотемпературной обработки. Низкотемпературная обработка коррелирует и со значением UMSPN продуктов. Восстановленные образцы микропартикулятов характеризовались более высокой термоустойчивостью в сравнении с традиционным концентратом сывороточных белков. Проба на кипячение для МСБ 80 составила 2 мин при температуре 100 °С, а для МСБ 60 – 5 минут. Это позволяет отнести микропартикулят к термоустойчивым белковым концентратам с высокой технологичностью для применения в производстве различных продуктов питания.

Ключевые слова: сывороточные белки, функционально-технологические свойства, растворимость, насыпная плотность, класс термообработки, термостойкость

Functional and technological properties of thermostable whey protein concentrate

Elena I. Melnikova	¹	melnikova@molvest.ru	 0000-0002-3474-2534
Ekaterina B. Stanislavskaja	¹	tereshkova-katia@yandex.ru	 0000-0002-0955-6238
Ekaterina D. Shabalova	¹	xxx210257@mail.ru	 0000-0002-7802-6150

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

Abstract. The article presents information on the functional and technological properties of whey protein microparticulate powders of various compositions. The particles of the microparticulate had similar external characteristics, as well as close sizes. The average particle diameter of MWP 60 was 69.9 μm, that of MWP 80 was 66.5 μm. The microparticulate samples were characterized by good wettability and dispersibility. The solubility index of MWP 60 was lower than that of MWP 80, which is due to the high content of highly soluble lactose in its composition. Both objects of research belonged to "light" powders with a bulk density of less than 0.6 g/cm³. The higher value of the bulk density of MWP 80 characterizes it as a product with a less loose structure (in comparison with MWP 60), and therefore potentially more stable in storage. Both samples of the microparticle were characterized by a similar value of the heat treatment index, which makes it possible to attribute them to the class of low-temperature treatment. Low temperature processing also correlates with the UMSPN value of products. The reconstituted microparticulate samples were significantly more heat resistant than the whey protein concentrate without the microparticulate step. The boiling test for MWP 80 was 2 minutes at a temperature of 100 °C, and for MWP 60 it was 5 minutes. This makes it possible to classify microparticles as heat-resistant protein concentrates with high manufacturability for use in the production of various food products.

Keywords: whey protein, functional and technological properties, solubility, bulk density, heat treatment class, heat resistance.

Введение

В настоящее время как актуальной тенденции, определяющей развитие молочной отрасли, относится производство пищевых ингредиентов с высокой надбавленной стоимостью. Относительно новым белковым ингредиентом для Российского рынка является микропартикулят сывороточных белков. Применение микропартикулята сывороточных белков обусловлено его уникальными свойствами, позволяющими использовать его в качестве имитатора жира [1–3]. Технология производства микропартикулята

предусматривает ультрафильтрационное концентрирование молочной сыворотки с последующей термомеханической обработкой полученного концентрата [4–5]. Применение мембранных методов позволяет максимально сохранить нативный состав и свойства концентрата молочного белка, обеспечивая улучшенные функционально-технологические характеристики [6].

Наиболее технологичной формой микропартикулята является сухой продукт. Он характеризуется длительным сроком годности, в течение которого сохраняет стабильный состав и свойства [7]. Ассортимент этой группы пищевых

Для цитирования

Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Шабалова Е.Д. Функционально-технологические свойства термостабильного концентрата сывороточных белков // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 2. С. 52–56. doi:10.20914/2310-1202-2022-2-52-56

For citation

Melnikova E.I. Stanislavskaja E.B., Shabalova E.D. Functional and technological properties of thermostable whey protein concentrate. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 2. pp. 52–56. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-2-52-56

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

ингредиентов в основном представлен микропартикулятами с содержанием белка 60% и 80% (в сухом веществе). Качественные показатели сухого микропартикулята зависят от состава и физико-химических изменений его компонентов в ходе технологических операций. Технологическими режимами производства обуславливаются основные физико-химические показатели, такие как содержание влаги, растворимость, смачиваемость, насыпная плотность и др. Большой практический интерес представляет исследование функционально-технологических характеристик сухой формы микропартикулята, обеспечивающих ее применимость в пищевых технологиях.

Материалы и методы

Исследования были проведены в условиях кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» и научно-испытательной лаборатории «Молоко» ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности». В качестве объектов исследования рассматривали микропартикуляты с массовой долей белка (в сухом веществе) 60% и 80%. Получение их осуществляли в условиях цеха сушки филиала «Калачеевский сырзавод» ПАО МК «Воронежский». Микропартикуляцию сывороточных белков проводили на установке EсоProt + компании Kieselmann.

Показатели состава объектов исследования определяли стандартными методами: массовую долю влаги и сухих веществ по ГОСТ 29246–91, массовую долю жира по ГОСТ 29247–91, массовую долю общего белка по ГОСТ 34454–2018, массовую долю лактозы по ГОСТ Р 54760–2011, массовую долю золы по ГОСТ Р 56833–2015. Гранулометрический состав частиц объектов исследования определяли с помощью лазерного дифракционного анализатора Beckman Coulter. Для определения объемной насыпной, рыхлой насыпной и насыпной плотности на контрольную пробу сухого продукта в мерном цилиндре воздействовали ударом с помощью специальной установки. После определенного количества ударов регистрировали объем продукта. Объемную насыпную плотность определяли как отношение массы порошка к объему после его переноса в мерный цилиндр, рыхлую насыпную плотность – как отношение массы порошка к объему после 100 ударов, насыпную плотность как отношение массы порошка к объему после 625 ударов. Индекс растворимости оценивали как объем нерастворившегося осадка в восстановленной пробе микропартикулята.

Скорость растворения (диспергируемость) оценивали как содержание сухих веществ в фильтрате смеси сухого продукта и воды (при температуре 24 °С). Смачиваемость оценивали на основании данных о погружении частиц сухого продукта в воду. Определение пригорелых частиц производят методом, основанном на растворении навески продукта в горячем растворе карбоната натрия, полифосфата натрия, двунатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты или гидроокиси натрия, фильтровании полученного раствора и визуальном сравнении осадка на фильтре с приготовленными контрольными фильтрами. Определение уровня термообработки проводили на основании коэффициента UMSPN (undenatured milk-serum protein nitrogen), который представляет собой концентрацию неденатурированного сывороточного небелкового азота. Для оценки термоустойчивости фиксировали продолжительность выдержки восстановленного продукта при 100 °С до выпадения хлопьев белка. Математическую обработку эксперимента проводили методами математической статистики по данным 5–10 опытов в трехкратной последовательности.

Результаты и обсуждение

Образцы микропартикулята сывороточных белков характеризовались низкой массовой долей влаги, что обеспечивало их устойчивость при хранении (таблица 1).

Таблица 1.

Состав микропартикулятов сывороточных белков

Table 1.

Composition of whey protein microparticles

Массовая доля, % Mass fraction, %	Значение Value	
	МСБ 80 MWP 80	МСБ 60 MWP 60
Сухое вещество Dry matter	96,31±0,50	96,35±0,50
Влага Moisture	3,69±0,50	3,65±0,50
Жир Mass fraction of fat	6,00±0,50	6,00±0,50
Общий белок Total protein	76,75±0,22	63,95±0,22
Лактоза Lactose	4,82±0,77	18,17±2,00
Зола Ash	8,04±0,04	7,56±0,04
Белок в пересчете на СОМО Protein in terms of SOMO	80±0,22	66±0,22

Важнейшей характеристикой сухих продуктов является размер (рисунок 1) и форма частиц, т. к. большая часть функционально-технологических характеристик зависит именно от этих параметров. Частицы микропартикулята имели сходные внешние характеристики, а также близкие размеры. Средний диаметр частиц МСБ 60 составил 69,9 мкм (мода – 105,9 мкм, медиана – 75,83 мкм), МСБ 80 – 66,5 мкм (мода – 96,5 мкм, медиана – 84,87 мкм).

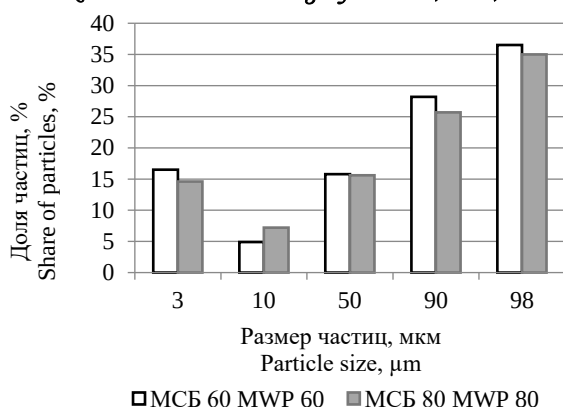


Рисунок 1. Гранулометрический состав частиц объектов исследования

Figure 1. Granulometric composition of the particles of the objects of study

Важнейшим свойством сухих продуктов является их способность к восстановлению. Восстановление заключается во взаимодействии продукта с водой и состоит из нескольких стадий: растворение лактозы и минеральных веществ, переход белков и жира в эмульсионно-коллоидное состояние, гидратация дисперсной фазы, выделение из продукта избыточного воздуха. Начальная фаза восстановления определяется показателем смачиваемости [8] (таблица 2).

На него оказывают влияние состав продукта (в частности наличие свободного жира), а также размер и структура частиц. При контакте с водой с поверхности частиц микропартикулята высвобождается лактоза, сывороточные белки и минеральные соли. После этого вода проникает в капилляры частиц [9], вытесняя воздух и высвобождая лактозу и минеральные вещества из внутренней части частицы. Это приводит к разрушению частицы и высвобождению плохо растворимых жира и казеина. Образцы микропартикулята легко смачиваются так как состоят, в основном, из аморфной лактозы и сывороточного белка, оба эти вещества легко переходят в раствор. Быстрота восстановления сухого продукта оценивается показателем диспергируемости. Основным фактором, оказывающим влияние на этот показатель, является размер частиц. Поскольку гранулометрический состав образцов микропартикулята характеризовался практически равнозначными величинами, не отличалась и диспергируемость. Полноту растворения (переход сухих веществ в раствор без выпадения осадка) характеризует индекс растворимости. Индекс растворимости МСБ 60 был ниже, чем МСБ 80, что, по-видимому, обусловлено большим содержанием хорошо-растворимой лактозы в его составе.

Таблица 2.
Функционально-технологические свойства объектов исследования

Table 2.
Functional and technological properties of research objects

Показатель Indicator	Значение Value	
	МСБ 80 MWP 80	МСБ 60 MWP 60
Смачиваемость, % Wettability, %	48,16±1,93	49,38±1,98
Диспергируемость, % Dispersibility, %	41,22±1,65	42,39±1,70
Индекс растворимости, см ³ сырого осадка Solubility index, cm ³ wet sediment	0,30±0,01	0,45±0,01
Объемная насыпная пл-ть, г/см ³ Bulk bulk density, g/cm ³	0,244±0,019	0,284±0,022
Рыхлая насыпная пл-ть, г/см ³ Loose bulk density, g/cm ³	0,331±0,026	0,365±0,028
Насыпная плотность, г/см ³ Bulk density, g/cm ³	0,349±0,027	0,385±0,030
Пригорелые частицы (диск) Burnt particles (disk)	В/С	В/С
Показатель термообработки (тепловое число) Heat treatment index (heat number)	57,49	58,37
Класс термообработки Heat treatment class	низкотемпературная low temperature	
Концентрация неденатурированного сывороточного небелкового азота (UMSPN), мг/г сухого продукта Concentration of undenatured serum non-protein nitrogen (UMSPN), mg/g dry product	6,5	6,4

К важным функционально-технологическим свойствам относятся насыпная, а также объемная насыпная и рыхлая насыпная плотность. Этими показателями определяется необходимый размер складских площадей, а также норма упаковочных материалов. Значение объемной насыпной плотности связано с размерами, а рыхлой насыпной плотности с прочностью частиц сухого продукта. Оба объекта исследований относились к «легким» порошкам с насыпной плотностью менее 0,6 г/см³. Более высокое значение насыпной плотности МСБ 80 характеризует его как продукт с менее рыхлой структурой (в сравнении с МСБ 60), а значит, потенциально более стойкий в хранении.

Тепловое число показывает степень изменения компонентов продукта в результате тепловой обработки. Оба образца микропартикулята характеризовались близким значением показателя термообработки, позволяющим отнести их к классу низкотемпературной обработки. Низкотемпературная обработка коррелирует и со значением UMSPN продуктов [10 – 20]. Технологически важным показателем, определяющим термоустойчивость в ходе дальнейшей переработки, является проба на кипячение. Восстановленные образцы

микропартикулятов характеризовались значительно большей стойкостью к нагреванию в сравнении с концентратом сывороточных белков без этапа микропартикуляции. Проба на кипячение для МСБ 80 составила 2 мин при температуре 100 °С, а для МСБ 60 – 5 минут. Это позволяет отнести микропартикулят к термостойчивым пищевым ингредиентам.

Заключение

Выполненные исследования позволили отнести сухой микропартикулят сывороточных

белков к технологичным видам молочного сырья, применимым в технологии различных продуктов питания. Микропартикулят характеризуется хорошей способностью к восстановлению, приемлемым значением насыпной плотности, а также высокой термостойкостью, относится к низкотемпературному классу тепловой обработки. Сухие ингредиенты низкотемпературной обработки имеют высокую биологическую ценность и могут быть использованы в производстве специализированной продукции, в частности, для детского и спортивного питания.

Литература

- 1 Hossain M.K., Keidel J., Hensel O., Diakité M. The impact of extruded microparticulated whey proteins in reduced-fat, plain-type stirred yogurt: Characterization of physicochemical and sensory properties // LWT. 2020. №. 134. P. 109976. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109976
- 2 Silva J.V.C., O'Mahony J.A. Microparticulated whey protein addition modulates rheological and microstructural properties of high-protein acid milk gels // International Dairy Journal. 2018. №. 78. P. 145 – 151. doi: 10.1016/j.idairyj.2017.11.013
- 3 Евдокимов И.А., Кравцов В.А., Федорцов Н.М., Богоровская М.А. и др. Состав и свойства микропартикулятов сывороточных белков // Молочная промышленность. 2021. № 4. С. 40–44.
- 4 Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Losev A.N. Microparticulation of Casein Whey to Use in Fermented Milk Production // Foods and Raw Materials. 2017. №. 5(2). P. 83–93. doi: 10.21603/2308-4057-2017-2-83-93
- 5 Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Баранова К.Ю. Применение сывороточных белковых ингредиентов для получения имитаторов молочного жира // Вестник ВГУИП. 2020. Т. 82. № 3. С. 90–95. doi: 10.20914/2310-1202-2Q2Q-3-9Q-95
- 6 Золотарева М.С., Володин Д.Н., Евдокимов И.А., Харитонов В.Д. Мембранные технологии для обеспечения эффективности и безопасности молочного производства // Молочная промышленность. 2018. № 5. С. 36–39.
- 7 Evdokimov I.A., Khramtsov A.G., Emelyanov S.A., Lodygin A.D. et al. Biotechnological aspects of ensuring the dairy food safety // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. V. 677. №. 3. P. 032075. doi: 10.1088/1755-1315/677/3/032075
- 8 Кручинин А.Г., Илларионова Е.Е., Бигаева А.В., Туровская С.Н. Роль технологических свойств сухого молока в формировании качества пищевых систем // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8. С. 166–173.
- 9 Кручинин А.Г., Илларионова Е.Е., Бигаева А.В., Туровская С.Н. Влияние способов концентрирования на технологические свойства сухого молока // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2. С. 135–142.
- 10 Радаева И.А., Илларионова Е.Е., Галстян А.Г. и др. Принципы обеспечения качества отечественного сухого молока // Пищевая промышленность. 2019. № 9. С. 54–57.
- 11 Khatkar A.B., Kaur A., Khatkar S.K., Mehta N. Characterization of heat-stable whey protein: Impact of ultrasound on rheological, thermal, structural and morphological properties // Ultrasonics sonochemistry. 2018. V. 49. P. 333-342. doi: 10.1016/j.ultrsonch.2018.08.026
- 12 Swarnalatha G., Mor S. Different Approaches to Improve Thermostability of Whey Proteins: A Review // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2019. V. 8. №. 4. P. 1679-1688.
- 13 Dissanayake M., Ramchandran L., Donkor O.N., Vasiljevic T. Denaturation of whey proteins as a function of heat, pH and protein concentration // International Dairy Journal. 2013. V. 31. №. 2. P. 93-99. doi: 10.1016/j.idairyj.2013.02.002
- 14 Jiang L., Ren Y., Xiao Y., Liu S. et al. Effects of Mesona chinensis polysaccharide on the thermostability, gelling properties, and molecular forces of whey protein isolate gels // Carbohydrate Polymers. 2020. V. 242. P. 116424. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116424
- 15 Chen Y., Huang F., Xie B., Sun Z. et al. Fabrication and characterization of whey protein isolates-lotus seedpod proanthocyanin conjugate: Its potential application in oxidizable emulsions // Food Chemistry. 2021. V. 346. P. 128680. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128680
- 16 Abd El-Salam M.H., El-Shibiny S. Glycation of whey proteins: Technological and nutritional implications // International journal of biological macromolecules. 2018. V. 112. P. 83-92. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.01.114
- 17 Sutariya S., Patel H. Effect of hydrogen peroxide on improving the heat stability of whey protein isolate solutions // Food chemistry. 2017. V. 223. P. 114-120. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.12.013
- 18 Momen S., Salami M., Alavi F., Emam-Djomeh Z. et al. The techno-functional properties of camel whey protein compared to bovine whey protein for fabrication a model high protein emulsion // LWT. 2019. V. 101. P. 543-550. doi: 10.1016/j.lwt.2018.11.063
- 19 Momen S., Salami M., Emam-Djomeh Z., Hosseini E. et al. Effect of dry heating on physico-chemical, functional properties and digestibility of camel whey protein // International Dairy Journal. 2018. V. 86. P. 9-20. doi: 10.1016/j.idairyj.2018.06.015
- 20 Zhao Z., Xiao Q. Effect of chitosan on the heat stability of whey protein solution as a function of pH // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2017. V. 97. №. 5. P. 1576-1581. doi: 10.1002/jsfa.7904

References

- 1 Hossain M.K., Keidel J., Hensel O., Diakité M. The impact of extruded microparticulated whey proteins in reduced-fat, plain-type stirred yogurt: Characterization of physicochemical and sensory properties. LWT. 2020. no. 134. pp. 109976. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109976
- 2 Silva J.V.C., O'Mahony J.A. Microparticulated whey protein addition modulates rheological and microstructural properties of high-protein acid milk gels. International Dairy Journal. 2018. no. 78. pp. 145–151. doi: 10.1016/j.idairyj.2017.11.013

- 3 Evdokimov I.A., Kravtsov V.A., Fedortsov N.M., Bogorovskaya M.A. Composition and properties of microparticles of whey proteins. Dairy industry. 2021. no. 4. pp. 40–44. (in Russian).
- 4 Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Losev A.N. Microparticulation of Caseic Whey to Use in Fermented Milk Production. Foods and Raw Materials. 2017. no. 5(2). pp. 83–93. doi: 10.21603/2308-4057-2017-2-83-93
- 5 Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Baranova K.Yu. The use of whey protein ingredients to obtain milk fat simulators. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 3. pp. 90–95. doi: 10.20914/2310-1202-2Q2Q-3-9Q-95 (in Russian).
- 6 Zolotareva M.S., Volodin D.N., Evdokimov I.A., Kharitonov V.D. Membrane technologies to ensure the efficiency and safety of dairy production. Dairy industry. 2018. no. 5. pp. 36–39. (in Russian).
- 7 Evdokimov I.A., Khramtsov A.G., Emelyanov S.A., Lodygin A.D. et al. Biotechnological aspects of ensuring the dairy food safety. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. vol. 677. no. 3. pp. 032075. doi: 10.1088/1755-1315/677/3/032075
- 8 Kruchinin A.G., Illarionova E.E., Bigaeva A.V., Turovskaya S.N. The role of technological properties of milk powder in shaping the quality of food systems. Vestnik KrasGAU. 2020. no. 8. pp. 166–173. (in Russian).
- 9 Kruchinin A.G., Illarionova E.E., Bigaeva A.V., Turovskaya S.N. Influence of methods of concentration on the technological properties of milk powder. Vestnik KrasGAU. 2021. no. 2. pp. 135–142. (in Russian).
- 10 Radaeva I.A., Illarionova E.E., Galstyan A.G. and other Principles of ensuring the quality of domestic milk powder. Food industry. 2019. no. 9. pp. 54–57. (in Russian).
- 11 Khatkar A.B., Kaur A., Khatkar S.K., Mehta N. Characterization of heat-stable whey protein: Impact of ultrasound on rheological, thermal, structural and morphological properties. Ultrasonics sonochemistry. 2018. vol. 49. pp. 333–342. doi: 10.1016/j.ultsonch.2018.08.026
- 12 Swarnalatha G., Mor S. Different Approaches to Improve Thermostability of Whey Proteins: A Review. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2019. vol. 8. no. 4. pp. 1679–1688.
- 13 Dissanayake M., Ramchandran L., Donkor O.N., Vasiljevic T. Denaturation of whey proteins as a function of heat, pH and protein concentration. International Dairy Journal. 2013. vol. 31. no. 2. pp. 93–99. doi: 10.1016/j.idairyj.2013.02.002
- 14 Jiang L., Ren Y., Xiao Y., Liu S. et al. Effects of Mesona chinensis polysaccharide on the thermostability, gelling properties, and molecular forces of whey protein isolate gels. Carbohydrate Polymers. 2020. vol. 242. pp. 116424. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116424
- 15 Chen Y., Huang F., Xie B., Sun Z. et al. Fabrication and characterization of whey protein isolates-lotus seedpod proanthocyanin conjugate: Its potential application in oxidizable emulsions. Food Chemistry. 2021. vol. 346. pp. 128680. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128680
- 16 Abd El-Salam M.H., El-Shibiny S. Glycation of whey proteins: Technological and nutritional implications. International journal of biological macromolecules. 2018. vol. 112. pp. 83–92. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.01.114
- 17 Sutariya S., Patel H. Effect of hydrogen peroxide on improving the heat stability of whey protein isolate solutions. Food chemistry. 2017. vol. 223. pp. 114–120. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.12.013
- 18 Momen S., Salami M., Alavi F., Emam-Djomeh Z. et al. The techno-functional properties of camel whey protein compared to bovine whey protein for fabrication a model high protein emulsion. LWT. 2019. vol. 101. pp. 543–550. doi: 10.1016/j.lwt.2018.11.063
- 19 Momen S., Salami M., Emam-Djomeh Z., Hosseini E. et al. Effect of dry heating on physico-chemical, functional properties and digestibility of camel whey protein. International Dairy Journal. 2018. vol. 86. pp. 9–20. doi: 10.1016/j.idairyj.2018.06.015
- 20 Zhao Z., Xiao Q. Effect of chitosan on the heat stability of whey protein solution as a function of pH. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2017. vol. 97. no. 5. pp. 1576–1581. doi: 10.1002/jsfa.7904

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 Б. Станиславская д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tereshkova-katia@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0955-6238>

Екатерина Д. Шабалова аспирант, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, xxx210257@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7802-6150>

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

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

Ekaterina B. Stanislavskaya Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of animal food products department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tereshkova-katia@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0955-6238>

Ekaterina D. Shabalova graduate student, technology of animal food products department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, xxx210257@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7802-6150>

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 11/04/2022	После редакции 09/05/2022	Принята в печать 31/05/2022
Received 11/04/2022	Accepted in revised 09/05/2022	Accepted 31/05/2022