Применение сывороточных белковых ингредиентов для получения имитаторов молочного жира

Елена И. Мельникова¹ melnikova@molvest.ru 0000-0002-3474-2534
 Екатерина Б. Станиславская¹ tereshkova-katia@ya.ru 0000-0002-0955-6238
 Ксения Ю. Баранова¹ ksbaranova32@gmail.com

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

Аннотация. В статье представлены сведения о влиянии условий термомеханической обработки на свойства растворов сухих сывороточных белковых ингредиентов: концентратов и изолятов сывороточных белков. Начальным этапом получения имитаторов свойств жира является тепловая обработка белковых растворов до температуры, превышающей порог денатурации (65 – 75 °C). Формирование из образовавшихся агрегатов частиц, схожих с жировыми шариками, происходит в ходе последующего механического воздействия. Существенное влияние на процесс денатурации оказывает массовая доля белка. При повышении ее значения количество столкновений между первичными агрегатами растет, а следовательно, и вероятность коагуляции. В растворах изолятов, скорость денатурации была высокой, происходила интенсивная, необратимая коагуляция при всех концентрациях белка. Агрегаты характеризовались как пористые, разветвленные и полидисперсные. Повышение скорости сдвига при механическом воздействии приводило к еще большему увеличению агрегатов. Образцы, полученные при высоких скоростях сдвига, характеризовались выраженной физической нестабильностью. Высокая степень седиментации подтверждала большие размеры белковых агрегатов. Суспензии характеризовались как крупитчатые. Для растворов концентратов скорость денатурации и интенсивность коагуляции были ниже. Присутствие лактозы предохраняло белки от быстрой потери растворимости, стабилизируя их структуру против термического разворачивания. Агрегаты характеризовались круглой компактной формой, размер частиц имел небольшой разброс. Изменение массовой доли белка образцов суспензий концентратов не оказывало существенного влияния на размер и форму агрегатов. Увеличение скорости вращения ротора способствовало снижению размера частиц. Растворы характеризовались седиментационной устойчивостью, имели однородную густую консистенцию, имитирующую свойства жироводержащих продуктов.

Ключевые слова: концентрат, сывороточные белки, изолят, термомеханическая обработка, имитатор жира

Use of whey protein ingredients to produce milk fat simulants

Elena I. Melnikova¹ melnikova@molvest.ru 0000-0002-3474-2534
 Ekaterina B. Stanislavskaja¹ tereshkova-katia@ya.ru 0000-0002-0955-6238
 Ksenia Yu. Baranova¹ ksbaranova32@gmail.com

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

Abstract. The article deals with the problem of thermomechanical processing conditions influence on the properties of dry whey protein ingredient solutions: whey protein concentrates and isolates. The initial stage of obtaining fat property mimics is heat treatment of protein solutions to the temperature exceeding the denaturation threshold (65-75 °C). The next mechanical impact on the aggregates obtained leads to the formation of the particles similar to the fat globules. Protein mass fraction has a significant influence on the denaturation process. When its value becomes larger, the number of collisions between primary aggregates increases as well as the coagulation probability. In isolate solutions the denaturation rate was high, and it was observed intensive, irreversible coagulation at all protein concentrations. Aggregates were characterized as porous, branched, and polydisperse. Shear rate increase under mechanical impact resulted in even greater aggregates growth. Samples obtained at high shear rates were characterized by apparent physical instability. Large size of the protein aggregates was confirmed by a high degree of sedimentation. Suspensions were characterized as granular. The denaturation rate and coagulation intensity were lower in concentrate solutions. Presence of lactose helped to protect proteins from rapid loss of solubility by stabilizing their structure against thermal unfolding. The aggregates were characterized by a round compact shape, and the particle size didn't differ a lot. Protein mass fraction change of the concentrate suspension samples did not have significant influence on the aggregates size and shape. Rotor rotation speed increase contributed to the particle size decrease. The solutions were characterized by the sedimentation stability and they had a uniform thick consistency imitating properties of the fat-containing products.

Keywords: concentrate, whey proteins, isolate, thermomechanical treatment, fat simulator

Введение

Одной из важных задач молочной промышленности является рациональное использование сырья на основе безотходных технологий и эффективного использования вторичных ресурсов отрасли. Большим потенциалом характеризуется молочная сыворотка,

а также продукты ее переработки [1–4]. Особого внимания заслуживают сывороточные белковые ингредиенты, мировой рынок которых суммарно оценивается в 800 тыс. т в год (рисунок 1). Наиболее востребованными из них являются концентраты (WPC) и изоляты (WPI) сывороточного белка [5].

Для цитирования

Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Баранова К.Ю. Применение сывороточных белковых ингредиентов для получения имитаторов молочного жира // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 3. С. 90–95. doi:10.20914/2310-1202-2020-3-90-95

For citation

Melnikova E.I., Stanislavskaja E.B., Baranova K.Yu. Use of whey protein ingredients to produce milk fat simulants. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 3. pp. 90–95. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-3-90-95

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

Рисунок 1. Мировой рынок сыровороточных белковых ингредиентов

Figure 1. World market for whey protein ingredients

Спрос на сыровороточные белковые ингредиенты ежегодно растет. Это обусловлено развитием индустрии функционального, детского и других видов специализированного питания. WPC 70–89 (с массовой долей белка 70–89% в составе сухих веществ продукта), а также WPI наиболее часто используют при производстве лечебного питания, детских смесей и продуктов для спортсменов. Концентраты с долей белка менее 70% направляют для обогащения традиционных продуктов и с целью замены обезжиренного молока [6].

Перспективна более глубокая модификация сыровороточных белков с применением денатурации, механической обработки, ферментативного гидролиза и других методов, позволяющая расширить направления реализации этих компонентов [7]. Такие виды воздействия позволяют направленно изменять функционально-технологические свойства белковых ингредиентов для эффективного использования в пищевой промышленности. Перспективным методом регулирования состава и свойств является термомеханическая обработка (микропартикуляция), позволяющая получить уникальную структуру, имитирующую свойства жира [8–9].

Производство сухих сыровороточных ингредиентов сопровождается изменением первоначальных свойств сырья: в результате физико-химических процессов частично денатурируют сыровороточные белки, выпадает в осадок фосфат кальция, разрушается часть витаминов и т. п. Частицы полученных продуктов содержат небольшое количество жировых шариков, равномерно распределенных в аморфной лактозе и белке, представляющих собой непрерывную фазу [10]. Вызывает интерес поведение сыровороточных белковых ингредиентов в ходе дальнейшей обработки (микропартикуляции) [11].

На структуру, свойства и направления эффективного промышленного использования имитаторов жира оказывают влияние условия термомеханической обработки. В этой связи, целью работы было исследование влияния технологических параметров (в частности доли и источника сыровороточных белков, скорости вращения ротора гомогенизирующего устройства) на свойства имитаторов жира, полученных на основе сыровороточных ингредиентов.

Материалы и методы

Исследования были проведены в лаборатории кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «ВГУИТ» и ООО «Моллаб». В качестве объектов исследования рассматривали концентрат сыровороточных белков, полученные на сыродельном заводе «Калачеевский», изолят сыровороточных белков, приобретенный в торговой сети (таблица 1), а также образцы имитаторов свойств жира, полученные на их основе.

Таблица 1.
Состав сыровороточных белковых ингредиентов

Table 1.

Whey Protein Ingredients

Компонент Component	Массовая доля, % Mass fraction, %	
	WPC	WPI
Влага Moisture	6,0	6,0
Белок Protein	76,0	88,0
Жир Fat	5,5	1,0
Зола Ash	4,5	4,0
Лактоза Lactose	8,0	1,0

Для получения имитаторов свойств жира WPC и WPI растворяли в дистиллированной воде до получения модельных растворов с массовой долей сухих веществ от 8 до 18%. Полученные растворы хранили при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ для обеспечения гидратации белков. Согласно стандартной последовательности технологических операций для получения микропартикулятов [12], растворы подвергали термомеханической обработке. Нагрев проводили до температуры $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 5 мин. Механическое воздействие осуществляли с помощью цифрового лабораторного гомогенизатора HG-15D-Set-A при различных значениях скорости вращения ротора (от 5000 до 20000 об/мин).

Пробы объектов исследования отбирали и подготавливали к анализам в соответствии со стандартом ISO 707:2008 (IDF 50: 2008) Milk and milk products. Guidance on sampling. Оценку органолептических показателей проводили в соответствии со стандартом ISO 22935–2:2009 Milk and milk products. Sensory analysis. Part 2: Recommended methods for sensory evaluation. Показатели состава объектов исследования, их физико-химические свойства определяли в соответствии с Российскими стандартами. Определение вязкости проводили на ротационном вискозиметре Brookfield RVDV-II+ Pro. Микроструктуру объектов исследования оценивали с помощью бинокулярного микроскопа Альтами БИО 6.

Для определения размеров частиц применяли объектомикромметр. Степень денатурации сывороточных белков определяли центрифужным методом [13].

Математическую обработку эксперимента проводили методами математической статистики по данным 5 – 10 опытов в трехкратной последовательности. Графические зависимости на рисунках представлены после обработки экспериментальных данных по методу наименьших квадратов.

Результаты и обсуждение

Начальным этапом получения имитаторов свойств жира является тепловая обработка белковых растворов до температуры, превышающей порог денатурации (65–75 °C). Формирование из образовавшихся агрегатов частиц, схожих с жировыми шариками, происходит в ходе последующего механического воздействия. Разрушение первичных агрегатов, образованных в ходе тепловой обработки, осуществляется в результате колебания давления в потоке жидкости при вращении ротора и (или) при разрушении частиц, ввиду столкновений друг с другом.

Для растворов WPC и WPI процесс денатурации определяется, главным образом, поведением

их основной фракции – β -лактоглобулина. По Соьеру [14] это четырехстадийный процесс, учитывающий диссоциацию димеров в субъединицы. Распад димеров β -лактоглобулина осуществляется на первой стадии денатурации при температуре 40 °C и сопровождается разрывом гидрофобных и водородных связей. При температуре выше 70 °C глобулярные молекулы начинают разворачиваться с высвобождением сульфгидрильных групп (рисунок 2).

На третьей стадии происходит образование небольших агрегатов, скрепляемых дисульфидными мостиками. Дальнейший рост температуры способствует повышению активности сульфгидрильных групп, высвобождению остатков тирозина и триптофана, что приводит к образованию новых нековалентных связей. Повышение температуры вызывает необратимую денатурацию белка с формированием высокомолекулярных агрегатов – полимеризацию. Рост агрегатов происходит ввиду броуновского движения мелких денатурированных частиц белка и их последующего столкновения друг с другом.

Рисунок 2. Схематическое изображение процесса денатурации β -лактоглобулина

Figure 2. Schematic representation of β -lactoglobulin denaturation process

Существенное влияние на процесс денатурации оказывает массовая доля белка. При повышении ее значения количество столкновений между первичными агрегатами растет, а следовательно, и вероятность коагуляции. Агрегированные молекулы β -лактоглобулина быстро и беспорядочно объединяются и осаждаются из раствора. Повышение массовой доли белка увеличивает скорость и эффективность денатурации (рисунок 3), а также приводит к увеличению вязкости раствора. Это препятствует броуновскому движению частиц, и эффективность столкновений повышается.

Рисунок 3. Влияние массовой доли белка в растворах сывороточных белковых ингредиентов на степень денатурации

Figure 3. Influence of the mass fraction of protein in solutions of whey protein ingredients on the degree of denaturation

В растворах WPI, характеризующихся высокой долей белка в сухом веществе, скорость денатурации была высокой, происходила интенсивная, необратимая коагуляция при всех концентрациях белка. Применение механического воздействия способствовало разрушению первичных агрегатов. Однако, формирования мелких частиц не происходило. Крупные частицы с небольшим коэффициентом диффузии практически неподвижны в дисперсионной среде. Они становятся центрами агрегации, к ним устремляются со всех сторон мелкие частицы с большим коэффициентом диффузии. Образующиеся агрегаты WPI характеризовались как пористые, разветвленные и полидисперсные (рисунок 4).

Рисунок 4. Микроструктура (x100) раствора WPI после термомеханической обработки (скорость вращения ротора 10000 об/мин)

Figure 4. Microstructure (x100) of WPI solution after thermomechanical treatment (rotor speed 10000 rpm)

Формирование скоплений денатурированного белка в растворах WPI можно упрощенно охарактеризовать как быструю коагуляцию, подчиняющуюся теории Смолуховского [15]. Согласно ее положений, при определенных условиях полностью исчезают силы отталкивания между частицами, а любое столкновение частиц приводит к их агрегации. Размер агрегатов быстро возрастает из-за высокой плотности раствора, а приложенное механическое воздействие лишь интенсифицирует агрегацию, за счет повышения количества столкновений между частицами. Повышение скорости сдвига при механическом воздействии приводило к еще большему увеличению агрегатов WPI (рисунок 5).

Образцы, полученные при высоких скоростях сдвига, характеризовались выраженной физической нестабильностью. После хранения в течение 24 часов в них наблюдался осадок. Доля отделившейся влаги росла с увеличением скорости сдвига. Высокая степень седиментации подтверждала большие размеры белковых агрегатов. Суспензии характеризовались как крупитчатые.

Рисунок 5. Влияние скорости вращения ротора на дисперсный состав частиц микропартикулированного раствора WPI

Figure 5. Influence of the rotor speed on the disperse composition of particles of the microparticulated WPI solution

Для растворов WPC скорость денатурации и интенсивность коагуляции были ниже. Присутствие лактозы предохраняло белки от быстрой потери растворимости, стабилизируя их структуру против термического развертывания. Агрегаты, образованные в растворах WPC, характеризовались круглой компактной формой, размер частиц имел небольшой разброс (рисунок 6). Изменение массовой доли белка не оказывало существенного влияния на размер и форму частиц.

Рисунок 6. Микроструктура (x100) раствора WPC после термомеханической обработки (скорость вращения ротора 10000 об/мин)

Figure 6. Microstructure (x100) of WPC solution after thermomechanical treatment (rotor speed 10000 rpm)

При скорости вращения ротора 5000 об/мин наблюдались незначительные изменения размера первичных агрегатов в растворах WPC. Силы сдвига было недостаточно, чтобы стать причиной разрушения сгустков, образовавшихся при тепловой обработке. С ростом скорости сдвига размер частиц снижался (рисунок 7).

Рисунок 7. Влияние скорости вращения ротора на средний размер частиц микропартикулированного раствора WPC

Figure 7. Influence of rotor speed on the average particle size of microparticulated WPC solution

Более широкое распределение белковых частиц по всему объему раствора WPC (в сравнении с WPI) приводило к тому, что не все столкновения были эффективны для образования прочных связей, и не вызывали роста агрегатов. Механическое воздействие способствовало разрушению скоплений и формированию сферических частиц правильной округлой формы. Растворы характеризовались седиментационной устойчивостью, имели однородную густую консистенцию, имитирующую свойства жиросодержащих продуктов (рисунок 8).

Рисунок 8. Влияние скорости вращения ротора на внешний вид и седиментационную устойчивость микропартикулированного раствора WPC: а) 5000 об/мин, б) 10000 об/мин, в) 15000 об/мин, д) 20000 об/мин

Figure 8. Influence of the rotor speed on the appearance and sedimentation stability of the microparticulated WPC solution: a) 5000 rpm, b) 10000 rpm, c) 15000 rpm, d) 20,000 rpm

Заключение

Выполненные исследования позволили установить влияние условий термомеханической обработки на свойства растворов сухих сывороточных белковых ингредиентов. Установлено, что микропартикуляция раствора WPI приводит к формированию физически не устойчивых суспензий, характеризующихся полидисперсностью частиц и присутствием крупных белковых агрегатов. Такие свойства не позволяют эффективно использовать раствор WPI в качестве имитатора свойств жира. Микропартикуляция растворов WPC способствовала получению однородной устойчивой системы с монодисперсным распределением частиц по размерам. Это позволит эффективно применять растворы WPC для имитации свойств жира в различных продуктах питания.

Литература

- 1 Talha A., Rana M.A., Haassan A., Ubaid ur R. et al. Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. № 88. P. 361–372. doi: 10.1016/j.tifs.2019.04.003
- 2 Володин Д.Н., Гридин А.С., Евдокимов И.А. Сохраняя самое ценное // *Молочная промышленность*. 2019. № 1. С. 48–49.
- 3 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.
- 4 Храмцов А.Г. Новации молочной сыровотки. СПб.: Профессия, 2016. 490 с.
- 5 Smithers G.W. Whey-ing up the options – Yesterday, today and tomorrow // *International Dairy Journal*. 2015. № 48. P. 2–14. doi: 10.1016/j.idairyj.2015.01.011
- 6 de Castro R.J.S., Domingues M.A.F., Ohara A., Okuro P.K. et al. Whey protein as a key component in food systems: Physicochemical properties, production technologies and applications // *Food Structure*. 2017. № 14. P. 17–29. doi: 10.1016/j.foostr.2017.05.004
- 7 Wen-qiong W., Yun-chao W., Xiao-feng Z., Rui-xia G. et al. Whey protein membrane processing methods and membrane fouling mechanism analysis // *Food Chemistry*. 2019. № 289. P. 468–481. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.03.086
- 8 Olivares M.L., Shahrivar K., de Vicente J. Soft lubrication characteristics of microparticulated whey proteins used as fat replacers in dairy systems // *Journal of Food Engineering*. 2019. № 245. P. 157–165. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.10.015
- 9 Torres I.C., Mutaf G., Larsen F.H., Ipsen R. Effect of hydration of microparticulated whey protein ingredients on their gelling behaviour in a non-fat milk system // *Journal of Food Engineering*. 2016. № 184. P. 31–37. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.03.018
- 10 Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. СПб.: ГИОРД, 2015. 336 с.
- 11 Мельникова Е.И., Лосев А.Н., Станиславская Е.Б., Коротков Е.Г. Творог с микропартикулятом сывороточных белков // *Молочная промышленность*. 2016. № 1. С. 31–33.
- 12 Melnikova E.I., Stanislavskaja E.B., Losev A.N. Microparticulation of Caseic Whey to Use in Fermented Milk Production // *Foods and Raw Materials*. 2017. № 5(2). P. 83–93.
- 13 Тихомирова Н.А., Комолова Г.С., Ионова И.И. Биологически активные белки молока. М.: МГУПБ. 2004. 80 с.
- 14 Гунькова П.И., Горбатова К.К. Биотехнологические свойства белков молока. СПб.: ГИОРД. 2015. 216 с.
- 15 Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. СПб.: Лань. 2020. 336 с.

References

- 1 Talha A., Rana M.A., Haassan A., Ubaid ur R. et al. Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2019. no. 88. pp. 361–372. doi: 10.1016/j.tifs.2019.04.003
- 2 Volodin D.N., Gridin A.S., Evdokimov I.A. Keeping the most valuable. *Dairy industry*. 2019. no. 1. pp. 48–49. (in Russian).
- 3 Zolotareva M.S., Volodin D.N., Evdokimov I.A., Kharitonov V.D. Membrane technologies for ensuring the efficiency and safety of dairy production. *Dairy industry*. 2018. no. 5. pp. 36–39. (in Russian).
- 4 Khramtsov A.G. Innovations of milk whey. Saint Petersburg, Professiya, 2016. 490 p. (in Russian).
- 5 Smithers G.W. Whey-ing up the options – Yesterday, today and tomorrow. *International Dairy Journal*. 2015. no. 48. pp. 2–14. doi: 10.1016/j.idairyj.2015.01.011
- 6 de Castro R.J.S., Domingues M.A.F., Ohara A., Okuro P.K. et al. Whey protein as a key component in food systems: Physicochemical properties, production technologies and applications. *Food Structure*. 2017. no. 14. pp. 17–29. doi: 10.1016/j.foostr.2017.05.004
- 7 Wen-qiong W., Yun-chao W., Xiao-feng Z., Rui-xia G. et al. Whey protein membrane processing methods and membrane fouling mechanism analysis. *Food Chemistry*. 2019. no. 289. pp. 468–481. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.03.086
- 8 Olivares M.L., Shahrivar K., de Vicente J. Soft lubrication characteristics of microparticulated whey proteins used as fat replacers in dairy systems. *Journal of Food Engineering*. 2019. no. 245. pp. 157–165. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.10.015
- 9 Torres I.C., Mutaf G., Larsen F.H., Ipsen R. Effect of hydration of microparticulated whey protein ingredients on their gelling behaviour in a non-fat milk system. *Journal of Food Engineering*. 2016. no. 184. pp. 31–37. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.03.018
- 10 Gorbato K.K. Biochemistry of milk and dairy products. Saint Petersburg, GIOR, 2015. 336 p. (in Russian).
- 11 Melnikova E.I., Losev A.N., Stanislavskaya E.B., Korotkov E.G. Cottage cheese with whey protein microparticulate. *Dairy industry*. 2016. no. 1. pp. 31 – 33. (in Russian).
- 12 Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Losev A.N. Microparticulation of Casein Whey to Use in Fermented Milk Production. *Foods and Raw Materials*. 2017. no. 5(2). pp. 83 – 93.
- 13 Tikhomirova N.A., Komolova G.S., Ionova I.I. Biologically active proteins of milk. Moscow, MGUPB. 2004. 80 p. (in Russian).
- 14 Gun'kova P.I., Gorbato K.K. Biotechnological properties of milk proteins. Saint Petersburg, GIOR. 2015. 216 p. (in Russian).
- 15 Gelfman M.I., Kovalevich O.V., Yustratov V.P. Colloid chemistry. Saint Petersburg, Lan. 2020. 336 p. (in Russian).

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@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0955-6238>

Ксения Ю. Баранова студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ksbaranova32@gmail.com

Вклад авторов

Елена И. Мельникова консультация в ходе исследования, корректировка рукописи до подачи в редакцию

Екатерина Б. Станиславская предложила методику проведения эксперимента, написала рукопись, и несет ответственность за плагиат

Ксения Ю. Баранова 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, 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@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0955-6238>

Ksenia Yu. Baranova student, technology of animal food products department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ksbaranova32@gmail.com

Contribution

Elena I. Melnikova consultation during the study, correct the manuscript before filing in editing

Ekaterina B. Stanislavskaya proposed a scheme of the experiment, wrote the manuscript and is responsible for plagiarism

Ksenia Yu. Baranova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/08/2020	После редакции 11/08/2020	Принята в печать 19/08/2020
Received 01/08/2020	Accepted in revised 11/08/2020	Accepted 19/08/2020