


Исследование функционально-технологических свойств концентрата сывороточных белков в технологиях сбивных конфетных масс

Татьяна В. Калиновская¹ kalinovskaya_88@mail.ru  0000-000C-8052-2014
Елена Ю. Богодист-Тимофеева¹ bogodist_tim@mail.ru

¹ Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия

Аннотация. В кондитерской промышленности в качестве пенообразователей чаще всего используются яичные белки. Другие пенообразователи, такие как белки сои, кровяной альбумин, экстракт сахарной свеклы, экстракт мыльного корня, корень солодки не нашли широкого применения, так как не соответствуют требованиям по органолептическим показателям. В последнее время значительное внимание производителей уделяется использованию молочных белков. При производстве молочных продуктов образуются значительные объемы сыворотки, которая, несмотря на высокую пищевую ценность, еще недостаточно используется в пищевой промышленности. Статья посвящена исследованиям функционально-технологических свойств сывороточных белков, комбинированных смесей концентрата сывороточного белка и яичного белка. Представлены теоретические сведения о функционально-технологических свойствах белков. Рассмотрены технологические факторы, влияющие на пенообразование и стойкость пен. При выполнении исследований использовали общепринятые и специальные методы исследований. Пенообразующую способность и устойчивость белковой пены определяли по методу Рауха, Поверхностное натяжение измеряли сталагмометрическим методом. Определение структуры и дисперсности белковых пен проводили с помощью электронного микроскопа. Исследованы функционально-технологические свойства концентрата сывороточных белков. Установлено, что при использовании сывороточных белков сбивные массы имели стабильную устойчивость, которая обеспечивалась повышенной способностью белков к гидратации, поверхностной активностью, типом межмолекулярных взаимодействий, а также повышенной температурой денатурации и способностью образовывать гели. Таким образом, совокупность проведенных исследований показывает целесообразность дальнейшего изучения и использования сывороточных белков при создании нового ассортимента сбивных конфетных масс.

Ключевые слова: белок яичный, белок сывороточный, стабилизация, конфетные массы, кондитерская промышленность

Research of functional and technological properties of whey protein concentrate in technologies of whipped candy masses

Tatiana V. Kalinovskaya¹ kalinovskaya_88@mail.ru  0000-000C-8052-2014
Elena Yu. Bogodist-Timofeeva¹ bogodist_tim@mail.ru

¹ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007

Abstract. In the confectionery industry, egg whites are most often used as foaming agents. Other foaming agents, such as soy proteins, blood albumin, sugar beet extract, soap root extract, licorice root, have not found widespread use, since they do not meet the requirements for organoleptic characteristics. Recently, much attention has been paid by manufacturers to the use of milk proteins. The production of dairy products produces significant amounts of whey, which, despite its high nutritional value, is still underutilized in the food industry. The article is devoted to the study of the functional and technological properties of whey proteins, combined mixtures of whey protein concentrate and egg white. Theoretical information on the functional and technological properties of proteins is presented. The technological factors affecting foaming and foam stability are considered. When performing the research, the generally accepted and special research methods were used. The foaming capacity and stability of the protein foam were determined by the Rauch method. Surface tension was measured by the stalagmometric method. Determination of the structure and dispersion of protein foams was carried out using an electron microscope. The functional and technological properties of whey protein concentrate have been investigated. It was found that when whey proteins were used, the whipped masses had stable stability, which was provided by the increased ability of proteins to hydration, surface activity, the type of intermolecular interactions, as well as an increased denaturation temperature and the ability to form gels. Thus, the totality of the studies carried out shows the feasibility of further study and use of whey proteins when creating a new assortment of whipped candy masses.

Keywords: egg protein, whey protein, stabilization, candy masses, confectionery industry

Введение

Одними из главных компонентов сбивных конфетных масс являются пенообразователи, которые в основном относятся к классу белков. В кондитерской промышленности в качестве пенообразователей чаще всего используются яичные белки. Другие пенообразователи, такие как белки сои, кровяной альбумин, экстракт сахарной свеклы, экстракт мыльного корня, корень солодки не нашли широкого применения, так как не соответствуют требованиям по органолептическим показателям.

Для цитирования

Калиновская Т.В., Богодист-Тимофеева Е.Ю. Исследование функционально-технологических свойств концентрата сывороточных белков в технологиях сбивных конфетных масс // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 169–174. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-169-174

Исследования ученых показали, что яичные белки, несмотря на их высокую молекулярную массу и наличие сложных вторичных и третичных структур могут диффундировать из жидкой фазы и адсорбироваться на поверхности раздела фаз (при формировании пены) благодаря совместимости их гидрофобных частей с гидрофобной воздушной фазой. Адсорбция белка снижает поверхностное натяжение жидкости, хотя и в меньшей степени, чем поверхностно-активные вещества низкой молекулярной массы. Однако, снижение поверхностного натяжения способствует формированию пузырьков

For citation

Kalinovskaya T.V., Bogodist-Timofeeva E.Yu. Research of functional and technological properties of whey protein concentrate in technologies of whipped candy masses. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 169–174. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-169-174

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

воздуха, а возникновение протеиновой пленки на межфазной поверхности ведет к повышению их устойчивости.

В последнее время значительное внимание производителей уделяется использованию молочных белков. При производстве молочных продуктов образуются значительные объемы сыворотки, которая, несмотря на высокую пищевую ценность, еще недостаточно используется в пищевой промышленности.

Материалы и методы

При выполнении исследований использовали общепринятые и специальные методы исследований. Пенообразующую способность и устойчивость белковой пены определяли по методу Рауха, который заключается в сопоставлении объема полученной белковой пены до и после взбивания; устойчивость пены фиксировали по высоте столба пены после завершения взбивания. Поверхностное натяжение измеряли сталагмометрическим методом. Определение структуры и дисперсности белковых пен проводили с помощью электронного микроскопа.

В качестве материалов исследования использовали сухой яичный белок производства ООО «OVOSTAR», концентрат сывороточных белков Lactomin 80 КСБ УФ.

Результаты и обсуждение

Ежегодное мировое производство сывороточных белков составляет около 600 тысяч тонн. Будучи вторичным продуктом в технологии сыроварения, сывороточные белки доступны в больших количествах и, как следствие, достаточно дешевы. Традиционным способом получения концентрата из молочной сыворотки белков является тепловая коагуляция с последующим ферментативным гидролизом и фракционирование гидролизатов.

Благодаря промышленному внедрению мембранных технологий, включая ультра- и диализацию, а также ионообменную адсорбцию, появились концентраты и изоляты сывороточных белков с высокими функциональными свойствами [1].

Белки молочной сыворотки являются полноценными, имеют самую высокую скорость расщепления в пищеварительном тракте, усвояемость составляет 98%.

Кроме того, сывороточные белки по своей природе являются поверхностно-активными веществами и меняют свое поведение на границе раздела фаз, а также состояние пограничных с ним сред. Однако, эти свойства в технологиях пищевых производств используют ограниченно.

Белки молока представлены двумя группами белковых фракций – казеином и сывороточными белками. Казеин составляет 80% всех белков коровьего молока, в результате агрегации казеиновых мицелл аккумулируется в сгусток. Остальные белки переходят в сыворотку, и поэтому их называют сывороточными белками. Белковыми фракциями молочной сыворотки является β -лактоглобулин, α -лактоглобулин, иммуноглобулины, альбумины сыворотки крови, гликомакропептиды, лактоферрин [3].

Основным белковым компонентом молочной сыворотки является β -лактоглобулин, который является источником гипотензивных, антиоксидантных и иммуномодулирующих пептидов. β -лактоглобулин в молоке находится в виде димера, состоящий из двух полипептидных цепей. Молекула β -лактоглобулина состоит из 162 аминокислотных остатков и имеет молярную массу около 18000 [1, 3].

В таблице 1 приведено содержание незаменимых аминокислот белков в 100 граммах сухих веществ [2].

Таблица 1.

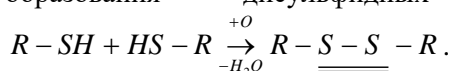
Содержание незаменимых аминокислот протеинов

Table 1.

Essential amino acid content of proteins

Аминокислота Amino acid	Массовая доля аминокислоты в белке, г / 100 г. Mass fraction of amino acids in protein, g / 100 g		
	Эталон ФАО / BOO3 Reference FAO / WHO	Яичный протеин Egg Protein	Сывороточный протеин Whey Protein
Try	1,0	1,5	2,2
Lys	5,5	7,0	9,1
Thr	4,0	4,3	5,2
Val	5,0	7,2	5,7
Ise	4,0	7,7	6,2
Leu	7,0	9,2	12,3
Phe + Tyr	6,0	6,3	8,2
Met + Cys	3,5	4,0	5,7
Сумма незаменимых Sum of essential amino acids	36,0	47,2	54,6

Белок имеет две дисульфидные связи, соединяющие остатки цистеина, а также одну свободную сульфгидридную группу в остатке цистеина. Свободная сульфгидридная группа, которая располагается внутри свернутого полипептидной цепи, раскрывается в результате тепловой денатурации белка. При нагревании молока до температуры выше 30 °С β-лактоглобулин распадается на мономеры, которые при дальнейшем нагревании агрегируют за счет образования дисульфидных связей:



Тепловая денатурация β-лактоглобулина приводит к коагуляции агрегированного белка (он коагулирует почти полностью при 85–100 °С).

Полипептидная цепь α-лактоглобулина состоит из 123 аминокислотных остатков и имеет молекулярную массу 14000. Молекула α-лактоглобулина содержит 4 дисульфидные связи, соединяющие остатки цистеина [4].

В молоке α-лактоглобулин тонкодиспергован, размер частиц 15–20 нм. Не коагулирует в изоэлектрической точке при pH 4,2–4,5 в силу своей большой гидратационной способности, не свертывается под действием сычужного фермента, термостойкий. Повышенная устойчивость α-лактоглобулина к нагреванию обусловлена наличием в его молекуле большого количества дисульфидных связей.

Устойчивость α-лактоглобулина к нагреванию достигается обратимостью денатурации белка – после охлаждения наблюдается восстановление его нативной структуры за счет самовольного повторного свертывания цепей – ренатурация.

Для ренатурации α-лактоглобулина необходимы ионы Ca²⁺, которые стабилизируют его пространственную структуру.

Сывороточные белки образуют при нагревании необратимые гели, а в зависимости от pH могут формировать сетевые структуры двух типов: в виде тонкоскрученных или распределенных частиц.

Совокупность приведенных данных показывает целесообразность дальнейшего изучения и использования сывороточных белков при создании нового ассортимента сбивных конфетных масс с повышенной пищевой ценностью.

Поскольку в литературе не найдено сведений о восстановлении сывороточных белков, нами проведено исследование по установлению пенообразующей способности от времени взбивания и соотношения воды к белку (рисунок 1).

Учеными [5] установлено, что для восстановления сухого яичного белка водой, оптимальным соотношением является 1:7. При таком соотношении белка и воды пенообразующая

способность раствора максимальная, при изменении концентрации начинает снижаться или остается на постоянном уровне.



Рисунок 1. Зависимость пенообразующей способности сывороточного белка от продолжительности взбивания и соотношения, %: ● – соотношение белка и воды 1:5; ■ – соотношение белка и воды 1:7; ▲ – соотношение белка и воды 1:10; ◆ – соотношение белка и воды 1:12

Figure 1. Dependence of the foaming ability of whey protein on the duration of whipping and the ratio, %: ● – the ratio of protein and water 1: 5; ■ – the ratio of protein and water 1: 7; ▲ – ratio of protein and water 1:10; ◆ – ratio of protein and water 1:12

Кроме того, при достижении такого соотношения происходит формирование адсорбционного слоя, который имеет максимальную прочность [6, 7].

Для сывороточного белка самая высокая пенообразующая способность наблюдалась в соотношении 1:10 при взбивании 3 минуты (рисунок 1).

Это объясняется большей гидратационной способностью сывороточного белка по сравнению с яичным белком. Максимальное значение пенообразующая способность смеси белков наблюдается в соотношении комбинированной белковой смеси к воде 1:7 при 2–3 минуты взбивания [8, 9–20]. На основании полученных данных были разработаны рекомендации по восстановлению сухого сывороточного белка для сбивных конфетных масс.

При образовании области повышенного поверхностного натяжения в результате истончение пленки на ее поверхности устанавливается градиент поверхностного натяжения, следствием которого наблюдается быстрое движение мономолекулярного слоя (эффект Марангони). Явление, названное поверхностным переносом, способствует стабилизации пленки пен.

Для определения поверхностного натяжения белковых растворов с разной концентрацией использовали стагмометрический метод. Результаты исследований приведены на рисунке 2.

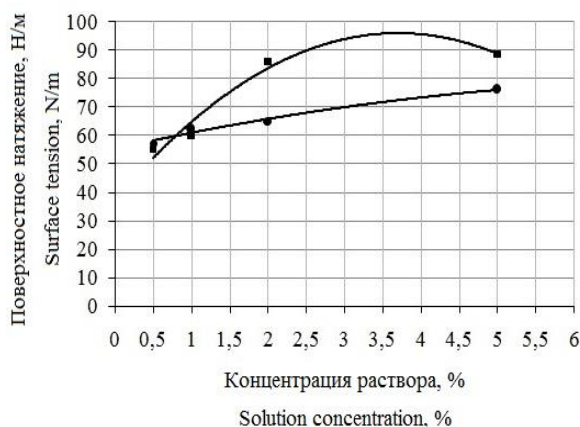


Рисунок 2. Зависимость поверхностного натяжения растворов белков от их концентрации, Н/м: ● – раствор яичного белка; ■ – раствор сывороточного белка

Figure 2. Dependence of the surface tension of protein solutions on their concentration, N/m: ● – egg white solution; ■ – whey protein solution

Из приведенных данных видно, что для яичного белка с концентрацией раствора 0,5% показатель поверхностного натяжения составляет $57,43 \pm 1,72$ Н/м, а для сывороточного белка с аналогичной концентрацией $55,13 \pm 1,65$ Н/м. Однако, с увеличением концентрации поверхностное натяжение растворов сывороточного белка существенно возрастает по сравнению с яичным белком.

Так, поверхностное натяжение 5% раствора яичного белка составляет $76,13 \pm 2,28$ Н/м, сывороточного $88,67 \pm 2,66$ Н/м.

Увеличение поверхностного натяжения с увеличением концентрации белков объясняется их сложной структурой. Несмотря на наличие гидрофильных и гидрофобных групп, в первичной структуре они распределены неупорядоченно, а в четвертичной свернутой конформации некоторые гидрофобные остатки образуют на поверхности молекулы белка отдельные участки, большинство гидрофобных остатков «углубленные» внутрь молекулы. Таким образом, в технологии сбивных кондитерских масс целесообразно использовать небольшие концентрации белков.

Следует отметить, что поверхностные явления наиболее важные для пенообразования и свойств пен. Поведение белков на границе раздела фаз сложная и еще недостаточно изученная тема. Основными характеристиками пен, которые имеют важное значение в кондитерской промышленности является пенообразующая способность и устойчивость пен.

Результаты исследований показали, что пенообразующая способность яичного белка составила 420%, а сывороточного 400%.

При комбинировании яичного и сывороточного белков в различных соотношениях, увеличение количества сывороточного белка в суспензии приводило к снижению показателя пенообразующей способности.

Для определения структуры и дисперсности пен, полученных из яичного, сывороточного и смеси яичного и сывороточного белков проводили микросъемки, микрофотографии приведены на рисунке 3.

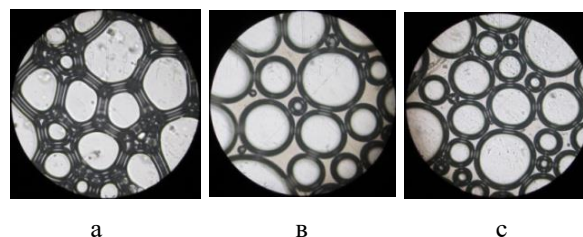


Рисунок 3. Микроструктура пен: а – раствор яичного белка; в – раствор сывороточного белка; с – комбинированный раствор яичного и сывороточного белков в соотношении 1:1

Figure 3. Foam microstructure: a – egg white solution; в – whey protein solution; с – a combined solution of egg and whey proteins in a 1: 1 ratio

Установлено, что пузырьки воздуха при одинаковом взбивании в пене яичного белка имеют многогранную (полиэдрическую) форму, а сывороточного белка – сферическую. Ячейки пены, состоящий из яичного и сывороточного белков имеют сферическую форму. Однако, в яичном белке (рисунок 3 а) больше межпоровых перегородок, чем можно объяснить высокую стабильность его пены – 92%. Пена из смеси белков (рисунок 3, с) отличается от сывороточного белка (рисунок 3, в) большей равномерностью распределения воздушных пузырьков и более тесным их расположением относительно друг друга.

Заключение

Исследованы функционально-технологические свойства концентрата сывороточных белков. Установлено, что при использовании сывороточных белков сбивные массы имели стабильную устойчивость, которая обеспечивалась повышенной способностью белков к гидратации, поверхностной активностью, типом межмолекулярных взаимодействий, а также повышенной температурой денатурации и способностью образовывать гели.

Таким образом, совокупность проведенных исследований показывает целесообразность дальнейшего изучения и использования сывороточных белков при создании нового ассортимента сбивных кондитерских масс.

Литература


- 1 Дамодаран Ш., Паркин К.Л., Феннема О.Р. Химия пищевых продуктов; пер. с англ. СПб.: Профессия, 2012. 1040 с.
- 2 Богданова Е.В., Мельникова Е.И. Гидролизаты сывороточных белков в технологии продуктов для спортивного питания // Молочная промышленность. 2018. № 4. С. 45–47.
- 3 Богданова Е.В., Мельникова Е.И., Гребенщиков А.В. Усвояемость гидролизата β -лактоглобулина в экспериментах in vivo // Молочная промышленность. 2019. № 3. С. 41–42.
- 4 Гарбуз С.А., Забодалова Л.А. Методы получения биологически активных пептидов путем гидролиза молочных белков // Естественные и технические науки. 2018. № 2 (116). С. 79–81.
- 5 Кондратова И.И., Томашевич С.Е. Оптимизация технологических режимов изготовления сбивных кондитерских масс // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2010. № 1 (7). С. 38–45.
- 6 Евдокимов И.А., Володин Д.Н. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки // Переработка молока. 2016. № 8. С. 10–13.
- 7 Золоторева М.С. и др. О переработке молочной сыворотки и внедрении наилучших доступных технологий // Переработка молока. 2016. № 7 (202). С. 17–19.
- 8 Cabral S.R. Optimization of Cheese Whey Ultrafiltration/Diafiltration for the Production of Beverage Liquid Protein Concentrates with Lactose Partially Removed // Journal of Membrane Science & Research. 2019. V. 5. № 2. P. 172–177.
- 9 Henriques M., Gomes D., Pereira C. Liquid Whey Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration as Primary Raw Materials for Thermal Dairy Gels // Food Technology and Biotechnology. 2017. № 55 (4). P. 454–463.
- 10 Iwaniak A. et al. Understanding the nature of bitter-taste di- and tripeptides derived from food proteins based on chemometric analysis // Journal of Food Biochemistry. 2018. V. 11. P. 235–244.
- 11 Shydakova-Kamieniuka O., Shklieriev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Harnessing the technological potential of chia seeds in the technology of cream-whipped candy masses // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. V. 2. №. 11. P. 104. doi: 10.15587/1729-4061.2020.199923
- 12 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretzky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass // Advanced Materials & Technologies. 2016. №. 2. doi: 10.17277/amt.2016.02.pp.043-047
- 13 Smolikhina P., Muratova E. Technological aspects of the results on rheological studies of candy mass // 9th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food for Consumer Well-Being. 2014. P. 105.
- 14 Shydakova-Kamieniuka O., Shklieriev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Estimation of oxidative stability of the lipid complex of creamy-shaken candies with chia seeds at storage // EUREKA: Life Sciences, (2). 2020. P. 54-62. doi:10.21303/2504-5695.2020.001192
- 15 Moriano M.E., Alamprese C. Whey protein concentrate and egg white powder as structuring agents of double emulsions for food applications // Food and Bioprocess Technology. 2020. V. 13. P. 1154-1165. doi:10.1007/s11947-020-02467-0
- 16 Yin L., Zhou X.G., Yu J.S., Wang H. et al. Protein foaming method to prepare Si3N4 foams by using a mixture of egg white protein and whey protein isolate // Ceramics International. 2014. V. 40. №. 8. P. 11503-11509. doi: 10.1016/j.ceramint.2014.03.043
- 17 Tan M.C., Chin N.L., Yusof Y.A., Taip F.S. et al. Improvement of eggless cake structure using ultrasonically treated whey protein // Food and Bioprocess Technology. 2015. V. 8. №. 3. P. 605-614. doi: 10.1007/s11947-014-1428-1
- 18 Díaz-Ramírez M., Calderón-Domínguez G., García-Garibay M., Jiménez-Guzmán J. et al. Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake // Food Hydrocolloids. 2016. V. 61. P. 633-639. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.020
- 19 Oborescu D., Wang L., Magner E., Auty M.A. Fibrillation of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations // Journal of Food Engineering. 2014. V. 121. P. 102-111. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.023
- 20 Pico J., Reguilón M.P., Bernal J., Gómez M. Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads // Journal of Cereal Science. 2019. V. 86. P. 92-101. doi: 10.1016/j.jcs.2019.01.014

References

- 1 Damodaran Sh., Parkin K.L., Fennema O.R. Food chemistry; per. from English. SPb, Professiya, 2012. 1040 p. (in Russian).
- 2 Bogdanova E.V., Melnikova E.I. Whey protein hydrolysates in the technology of products for sports nutrition. Dairy industry. 2018. no. 4. pp. 45–47. (in Russian).
- 3 Bogdanova E.V., Melnikova E.I., Grebenshchikov A.V. Digestibility of β -lactoglobulin hydrolyzate in in vivo experiments. Dairy industry. 2019. no. 3. pp. 41–42. (in Russian).
- 4 Garbuz S.A., Zabodalova L.A. Methods for obtaining biologically active peptides by hydrolysis of milk proteins. Natural and technical sciences. 2018. no. 2 (116). pp. 79–81. (in Russian).
- 5 Kondratova I.I., Tomashevich S.E. Optimization of technological modes of production of whipped confectionery masses. Food industry: science and technology. 2010. no. 1 (7). pp. 38–45. (in Russian).
- 6 Evdokimov I.A., Volodin D.N. Current state and prospects of milk whey processing. Processing of milk. 2016. no. 8. pp. 10–13. (in Russian).
- 7 Zolotareva M.S. et al. About the processing of milk whey and the introduction of the best available technologies. Processing of milk. 2016. no. 7 (202). pp. 17-19. (in Russian).
- 8 Cabral S.R. Optimization of Cheese Whey Ultrafiltration/Diafiltration for the Production of Beverage Liquid Protein Concentrates with Lactose Partially Removed. Journal of Membrane Science & Research. 2019. vol. 5. no. 2. pp. 172–177.


- 9 Henriques M., Gomes D., Pereira C. Liquid Whey Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration as Primary Raw Materials for Thermal Dairy Gels. *Food Technology and Biotechnology*. 2017. no. 55 (4). pp. 454–463.
- 10 Iwaniak A. et al. Understanding the nature of bitter-taste di- and tripeptides derived from food proteins based on chemometric analysis. *Journal of Food Biochemistry*. 2018. vol. 11. pp. 235–244.
- 11 Shydakova-Kamieniuka O., Shkliayev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Harnessing the technological potential of chia seeds in the technology of cream-whipped candy masses. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. vol. 2. no. 11. pp. 104. doi: 10.15587/1729-4061.2020.199923
- 12 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretzky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass. *Advanced Materials & Technologies*. 2016. no. 2. doi: 10.17277/amt.2016.02.pp.043-047
- 13 Smolikhina P., Muratova E. Technological aspects of the results on rheological studies of candy mass. 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being. 2014. pp. 105.
- 14 Shydakova-Kamieniuka O., Shkliayev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Estimation of oxidative stability of the lipid complex of creamy-shaken candies with chia seeds at storage. *EUREKA: Life Sciences*, (2). 2020. pp. 54-62. doi:10.21303/2504-5695.2020.001192
- 15 Moriano M.E., Alamprese C. Whey protein concentrate and egg white powder as structuring agents of double emulsions for food applications. *Food and Bioprocess Technology*. 2020. vol. 13. pp. 1154-1165. doi:10.1007/s11947-020-02467-0
- 16 Yin L., Zhou X.G., Yu J.S., Wang H. et al. Protein foaming method to prepare Si3N4 foams by using a mixture of egg white protein and whey protein isolate. *Ceramics International*. 2014. vol. 40. no. 8. pp. 11503-11509. doi: 10.1016/j.ceramint.2014.03.043
- 17 Tan M.C., Chin N.L., Yusof Y.A., Taip F.S. et al. Improvement of eggless cake structure using ultrasonically treated whey protein. *Food and Bioprocess Technology*. 2015. vol. 8. no. 3. pp. 605-614. doi: 10.1007/s11947-014-1428-1
- 18 Díaz-Ramírez M., Calderón-Domínguez G., García-Garibay M., Jiménez-Guzmán J. et al. Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake. *Food Hydrocolloids*. 2016. vol. 61. pp. 633-639. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.020
- 19 Oboceanu D., Wang L., Magner E., Auty M.A. Fibrillation of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations. *Journal of Food Engineering*. 2014. vol. 121. pp. 102-111. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.023
- 20 Pico J., Reguilón M.P., Bernal J., Gómez M. Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads. *Journal of Cereal Science*. 2019. vol. 86. pp. 92-101. doi: 10.1016/j.jcs.2019.01.014

Сведения об авторах

Татьяна В. Калиновская к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия, kalinovskaya_88@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-000C-8052-2014>

Елена Ю. Богодист-Тимофеева к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования производства жиров и эфирных масел, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия, bogodist_tim@mail.ru

Information about authors

Tatiana V. Kalinovskaya Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technologies and equipment for production and processing of livestock products department, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007, Russia, kalinovskaya_88@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-000C-8052-2014>

Elena Yu. Bogodist-Timofeeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and equipment for the production of fats and essential oils department, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007, Russia, bogodist_tim@mail.ru

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

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 26/04/2021	После редакции 17/05/2021	Принята в печать 03/06/2021
Received 26/04/2021	Accepted in revised 17/05/2021	Accepted 03/06/2021