

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-1-64-69>



Поступила 15.02.2022

<https://www.fsjour.com/jour>

Поступила после рецензирования 15.03.2022

Принята в печать 25.03.2022

Научная статья

© Казанцев Е. В., Кондратьев Н. Б., Руденко О. С., Петрова Н. А., Белова И. А., 2022

Open access

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕНООБРАЗНОЙ СТРУКТУРЫ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Казанцев Е. В.*, Кондратьев Н. Б., Руденко О. С., Петрова Н. А., Белова И. А.

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

кондитерские изделия, пастильные изделия, белок яичный, пектин, сахар белый, пенообразная структура, активность воды, стойкость пены

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрены вопросы формирования пенообразной структуры зефира. Выявлены закономерности влияния рецептурных компонентов на структуру пен. Исследовано влияние яичного белка, пектина, сахара белого, яблочного пюре и других рецептурных компонентов на физико-химические и реологические свойства пенной массы, используемой для получения зефира. Внесение пектина приводит к увеличению упруго-пластичных свойств пенной массы, а добавление сахара белого приводит к увеличению ее пенообразующей способности. Рецептурные компоненты формируют пенообразную структуру зефира. Выбор яблочного пектина позволяет управлять плотностью зефирной массы и активностью воды пенных масс. При добавлении 0,075% яблочного пектина в 1%-й раствор яичного белка пенообразующая способность понижается от 190% до 104%, а стойкость пены практически не изменяется. Добавление яблочного пюре, патоки, лимонной кислоты и других рецептурных компонентов в такую пенную массу приводит к незначительному уменьшению пенообразующей способности, при этом ее стойкость существенно увеличивается до 80%, т. е. практически в два раза. Полученная пенообразная структура зефирной массы характеризуется высокими физико-химическими, органолептическими и реологическими показателями, что позволяет получать кондитерские изделия заданной формы высокого качества.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS-2022-0007 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 15.02.2022

Accepted in revised 15.03.2022

Accepted for publication 25.03.2022

© Kazantsev E. V., Kondratev N. B., Rudenko O. S., Petrova N. A., Belova I. A., 2022

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

FORMATION OF A FOAMY STRUCTURE OF CONFECTIONERY PASTILLE PRODUCTS

Egor V. Kazantsev*, Nikolay B. Kondratev, Oxana S. Rudenko, Natalia A. Petrova, Irina A. Belova

All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry, Moscow, Russia

KEY WORDS:

confectionery, pastille products, egg white, pectin, white sugar, foamy structure, water activity, foam stability

ABSTRACT

In this paper, the questions of the foamy structure formation in zephyr are considered. Regularities of the influence of recipe components on the foam structure are revealed. The effect of egg white, pectin, white sugar, applesauce and other recipe components on the physicochemical and rheological properties of the foam mass used to produce zephyr has been studied. The addition of pectin leads to an increase in the elastic-plastic properties of the foam mass, and the addition of white sugar leads to an increase in its foaming ability. Recipe components form the foamy structure of the zephyr. The choice of apple pectin allows one to control the density of the zephyr mass and the water activity of the foamy masses. When 0.075% apple pectin is added to a 1% egg white solution, the foaming ability decreases from 190% to 104%, and the foam stability remains practically unchanged. The addition of applesauce, syrup, citric acid and other recipe components to such a foamy mass leads to a slight decrease in the foaming ability, while its stability increases significantly up to 80%, i. e., almost twice. The resulting foamy structure of the zephyr mass is characterized by high physicochemical, organoleptic and rheological parameters, which makes it possible to obtain high quality confectionery products of a given shape.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. FGUS-2022-0007 of the state assignment of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

1. Введение

Пастильные кондитерские изделия, такие как зефир и пастила, обладают пенообразной структурой и пользуются высоким спросом у потребителей. Обеспечение длительных сроков хранения пастильных изделий с сохранением их структуры и свежести, а также без изменения вкусовых свойств является актуальной задачей для производителей. В процессе хранения такие продукты подвержены физи-

ческим трансформациям в результате дегидратации или синерезиса, увлажнения поверхности, изменения показателей пищевой ценности [1].

Пастильные изделия в соответствии с ГОСТ 6441-2014 «Изделия кондитерские пастильные. Общие технические условия» это сахаристые кондитерские изделия пенообразной структуры, полученные из сбивной массы с добавлением структурообразователя или без него, фруктового (овощного)

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Казанцев, Е. В., Кондратьев, Н. Б., Руденко, О. С., Петрова, Н. А., Белова, И. А. (2022). Формирование пенообразной структуры кондитерских изделий. *Пищевые системы*, 5(1), 64-69. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-1-64-69>

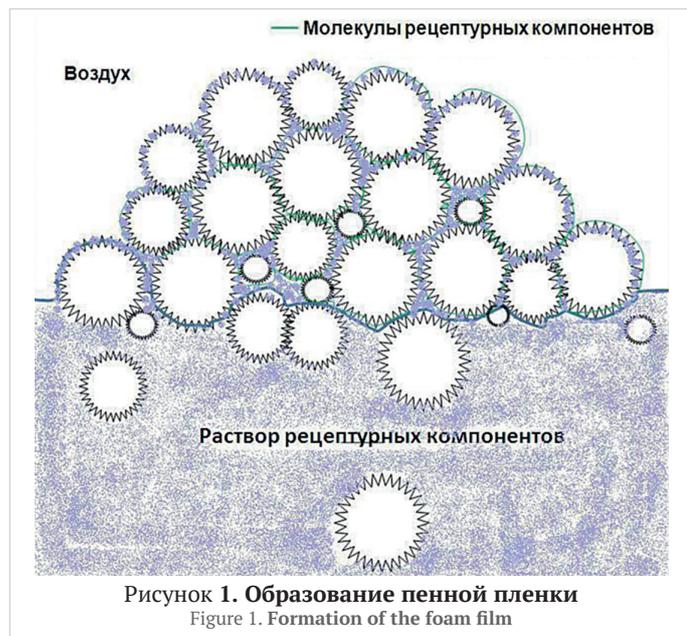
FOR CITATION: Kazantsev, E. V., Kondratev, N. B., Rudenko, O. S., Petrova, N. A., Belova, I. A. (2022). Formation of a foamy structure of confectionery pastille products. *Food systems*, 5(1), 64-69. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-1-64-69>

сырья, пищевых добавок, с массовой долей фруктового (овощного) сырья не менее 11%, массовой долей влаги не более 2%, плотностью не более 0,9 г/см³. Пастильные изделия подразделяют на пастилу и зефир, отличающихся плотностью сбивной массы и способом формования. Широкое распространение получили кондитерские изделия «маршмеллоу».

Пенообразная структура, или пена, представляет собой дисперсную систему, состоящую из пузырьков воздуха с прослойками жидкости. Принудительное включение воздуха в жидкость приводит к образованию пены. Равномерное распределение пузырьков способствует улучшению реологических свойств аэрированного продукта [2].

Пены, в зависимости от условий получения, вида и концентрации поверхностно-активного вещества (ПАВ) в пенообразующем растворе, разрушаются или превращаются в полиэдрическую пену. Устойчивые полиэдрические пены получают только в присутствии ПАВ. Введение ПАВ снижает поверхностное натяжение на поверхности раздела жидкость-газ, в процессе облегчается диспергирование газа и уменьшается размер пузырьков.

В качестве ПАВ применяются различные белковые соединения, обладающие пенообразующей способностью, такие как сывороточный альбумин, казеин, желатин, овальбумин и др. Каждый пузырек пены образует полусферический купол, представляющий собой жидкую пленку, состоящую из двух адсорбционных слоев ПАВ и внутренней прослойки жидкости (Рисунок 1).



Яичный белок способствует образованию адсорбционных слоев на поверхности пузырьков воздуха и обеспечивает их длительное существование. Увеличение числа пузырьков на поверхности жидкости приводит к их сближению. Процессам сближения и деформации поверхностей пузырьков способствует также капиллярное притяжение, вследствие чего между соседними пузырьками возникают тонкие жидкие пленки. В результате таких процессов на поверхности жидкости образуется сначала монослой молекул ПАВ, затем формируются последующие слои ПАВ, что приводит к образованию объемной пены [3,4].

Качество пен обуславливается соотношением сырьевых компонентов, химическим составом и концентрацией пенообразователя, технологическими параметрами (рН, продолжительностью взбивания, температурой смеси) и другими факторами.

Пена в виде дисперсной системы образуется во время встряхивания сосуда при совместном перемешивании жидкости и газа. Пенообразующая способность и стабильность зависят от состава и физико-химических свойств белка (сывороточного протеина). Казеин и сывороточный белок молока считаются основными ПАВ молока, ответственными за пенообразование. Мицеллы казеина способствуют стабилизации молочной пены при температуре ≥ 45 °C [5–7].

Изменение рН влияет на величину суммарного заряда белковых молекул, что приводит к трансформации сил притяжения-отталкивания белковых молекул и влияет на связывание молекул воды. Карбоксипропилметилцеллюлоза при рН 7,0 не изменяет твердость и эластичность геля яичного белка, но при рН 3,0 эти свойства усиливаются. Гибридный гель яичного белка и желатиновой камеди при рН 4,0 имеет более однородную микроструктуру и более твердую текстуру, чем гель, приготовленный при рН 7,0, из-за различного электростатического взаимодействия, обусловленного отталкиванием макромолекул биополимеров [8,9].

Для приготовления пастильных масс пенообразной структуры при аэрации рецептурной смеси используются гомогенизаторы, блендеры, мешалки и венчики. Происходит образование границ раздела газ-жидкость. Помимо этих процессов, образование пузырьков связано с созданием и разрывом границы раздела воздух-жидкость, что сопровождается их механическими напряжениями. Добавление поверхностно-активных веществ используется для увеличения межфазного напряжения [10].

Белки играют важную роль в стабилизации пены, поскольку они образуют вязкоупругую пленку на границе раздела газ-жидкость.

Основными характеристиками устойчивых пен являются высокая удельная площадь поверхности, низкая скорость межфазного проскальзывания, большой коэффициент расширения и конечный предел текучести.

Показатель активности воды используется для прогнозирования изменений реологических показателей различных пищевых систем.

Для оптимизации процесса формирования пен при использовании различных видов структурообразователей применяют соли-ретардаторы, с помощью которых можно управлять реологическими свойствами пенных масс [11].

Для оценки качества и сохранности пенообразной структуры пастильных изделий необходимы комплексные исследования пенообразователей и структурообразователей на молекулярном уровне, которые должны включать характеристику микроструктуры пен и информацию о взаимодействии сахаров, полисахаридов, белков и других компонентов [12].

Формирование стойких пен обусловлено присутствием полисахаридов пектина, агара и др. Полисахариды широко используются в пищевой промышленности из-за их загущающих и желирующих свойств [13–15]. Полисахариды улучшают функциональные свойства белков благодаря различным взаимодействиям и факторам, таким как электростатическое и гидрофобное образование водородных связей. Электростатические взаимодействия, проявляющиеся силами отталкивания или притяжения между макромолекулами полисахаридов, формируют пищевые системы [16,17].

Многофункциональность пектина обусловлена природой его молекул, состоящих из полярных и неполярных областей, благодаря чему его используют в качестве заменителя жира или сахара в низкокалорийных десертах.

Структура пектиновых цепочек является ключевым фактором, влияющим на свойства пектинов и на их применение при формировании структуры пастильных кондитерских изделий [18].

Полисахариды повышают гелеобразующие свойства пенообразователей, влияя на их физические, химические и микроскопические свойства, такие как твердость, эластичность, микроструктура. Поперечно сшитые полимеры также увеличивают количество связанной влаги в пищевой системе.

Важными факторами, влияющими на образование электростатических комплексов, являются pH, ионная сила, соотношение биополимеров. Контроль этих показателей позволяет отслеживать взаимодействие биополимеров, чтобы регулировать структуру, текстуру и стабильность различных пищевых продуктов.

Полисахариды придают гелю яичного белка высокую эластичность и твердость благодаря формированию однородной структуры, например, в гелях, содержащих соевый белок, полисахариды и хлорид натрия [19,20]. Добавление кантановой и геллановой камедей может улучшить свойства белкового геля за счет межмолекулярного электростатического притяжения.

Таким образом, необходимо исследовать взаимодействия между пенообразователем и полисахаридами для проектирования и разработки новых пищевых продуктов. Целью данной работы является оценка влияния различных факторов на процесс изготовления кондитерских изделий пенообразной структуры.

2. Объекты и методы

Объектами исследования являлись образцы пен на основе сухого яичного белка, яблочного пектина, сахара белого, патоки и лимонной кислоты.

Пенные массы получали механическим взбиванием после процесса набухания 1,00 г сухого яичного белка в 100,0 см³ дистиллированной воды; к полученному раствору добавляли 0,075 г яблочного пектина, 0,400 г сахара белого, 2,0 г яблочного пюре, 2,5 г кислотной патоки, 0,01 г лимонной кислоты.

Исследования студнеобразующей способности пектина с сахаром проведены в соответствии с МВИ № 83–19825192–2021 «Методика определение прочности пектинового студня с сахаром».

Активность воды определена по ГОСТ Р ИСО 21807 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Определение активности воды» на приборе AquaLab 3TE (США); (диапазон измерения активности воды от 0,200

до 1,000, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений активности воды $\pm 0,006$).

Микроструктура образца исследована с помощью микроскопа Nikon 120с.

Для определения пенообразующей способности белка в стеклянный химический стакан взвешивали 1,00 г яичного белка, добавляли 100 см³ дистиллированной воды и выдерживали в течение 30 мин, затем содержимое стакана помещали в цилиндр и механически сбивали с периодичностью 1 мин для замера объема пены. Пенообразующую способность вычисляли как отношение прироста объема пены к первоначальному объему. Стойкость пены определяли с использованием методики ВНИИ кондитерской промышленности.

3. Результаты и обсуждение

Основной причиной изменений качества зефира являются процессы миграции влаги, обусловленные различной влагоудерживающей способностью пенообразной структуры.

Поскольку процесс изготовления зефирной массы состоит из нескольких стадий на каждой стадии мы рассматриваем свойства пенной массы для возможности управления качеством изделий в условиях нестабильного качества использованного сырья, в том числе яичного белка, пектина, фруктового пюре и др.

Яичный белок, используемый для получения пастильных изделий, обладает различной пенообразующей способностью. В каждой группе белков имеются отличия по основным показателям, определяющим структурно-механические свойства полученной сбивной массы. Результаты исследований факторов, влияющих на пенообразующую способность и на стойкость пены для сухого яичного белка, могут быть использованы с целью прогнозирования и увеличения срока годности зефира. Установлено, что каждая партия сухого яичного белка обладает индивидуальной пенообразующей способностью (Рисунок 2).

Результаты исследований девяти образцов студнеобразователей показали, что прочность студней по методу Валента (г/см²) находится в широких пределах, 600–1200 для пектина и 700–1400 для агара. Установлено, что с использованием пектина с прочностью студня более 1000 г/см² можно получать пастильные изделия с высокими упруго-пластичными свойствами. Использование пектина с прочностью студня менее 1000 г/см² приводит к риску получения зефира и пастилы нестабильного качества.

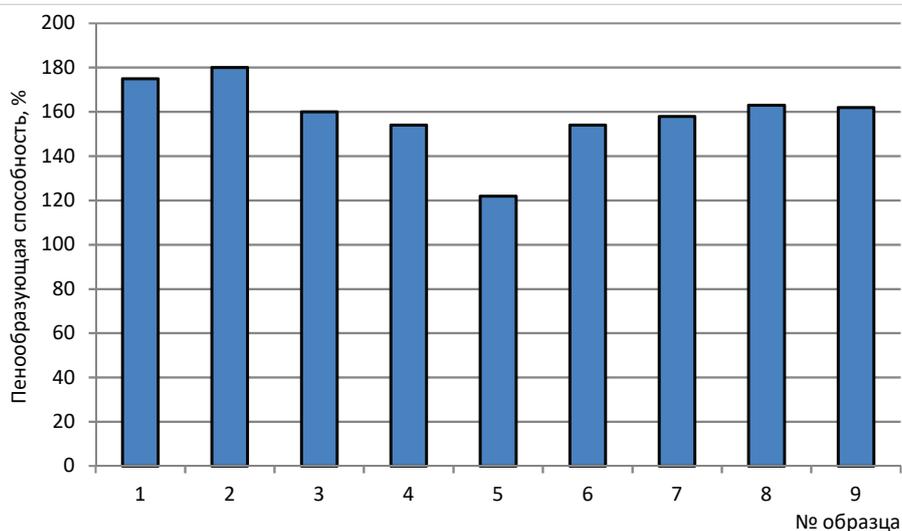


Рисунок 2. Пенообразующая способность различных белков, применяемых для формирования пенообразной структуры пастильных кондитерских изделий

Figure 2. Foaming ability of different proteins used to form foamy structures of confectionery pastille products

Таким образом, студнеобразующая способность является важнейшей характеристикой полисахаридов для их применения в технологии получения пастильных изделий.

Стабильность сбивной массы в процессе структурообразования зависит от динамики разрушения белковой пены. Пенообразователи разных производителей характеризуются различной динамикой снижения стойкости пены. Значительная интенсивность разрушения пены может вызвать ухудшение внешнего вида изделия, уменьшение его объема, появление серого оттенка, т. е. в процессе структурообразования и хранения качество отформованного сбивного изделия может ухудшаться.

Первой стадией получения зефирной массы является приготовление водных растворов яичного белка. Микроструктура таких растворов характеризуется большим размером воздушных пузырьков в диапазоне от 200 до 600 мкм (Рисунок 3).

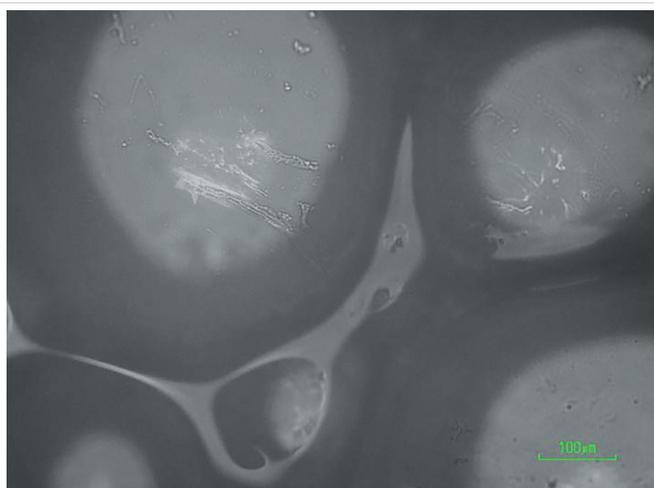


Рисунок 3. Микроструктура пены, содержащей 1% яичного белка

Figure 3. Microstructure of the foam containing 1% of egg white

Такая микроструктура является нестабильной из-за малой энергии поверхностного натяжения и разрушается в течение 10–20 мин. Активность воды пены составила 0,966, что свидетельствует о нахождении практически всей влаги в свободной форме.

Для повышения стабильности белковых пен, укрепления прочности стенок пузырьков используют структурообразователи, такие как яблочный пектин, желатин, агар, камеди и др. При добавлении пектина в 1%-й раствор яичного белка пенообразующая способность понижается от 190,9% до 104,3%, а стойкость пены практически не изменяется, слой пленки пузырьков на границе фаз жидкость-газ утолщается (Рисунок 4).

Увеличение толщины пленки воздушных пузырьков способствует повышению стойкости пены. При этом форма связи влаги практически не меняется, что подтверждено сохранением высокого значения активности воды 0,970. Средний размер пузырьков уменьшается и находится в диапазоне от 250 до 350 мкм.

Добавление сахара белого кристаллического в пенную массу приводит к усилению пенообразующей способности, однако стойкость пены понижается от 66,6% до 40,6%. В результате добавления сахара белого произошло дальнейшее утолщение и повышение упругости пленки пузырьков (Рисунок 5).

Микроструктура полученной пены характеризуется наличием значительного объема пузырьков воздуха размером 150–250 мкм. Это приводит к увеличению площади поверхности воздушных пузырьков пены и является причиной некоторого повышения активности воды до 0,983.

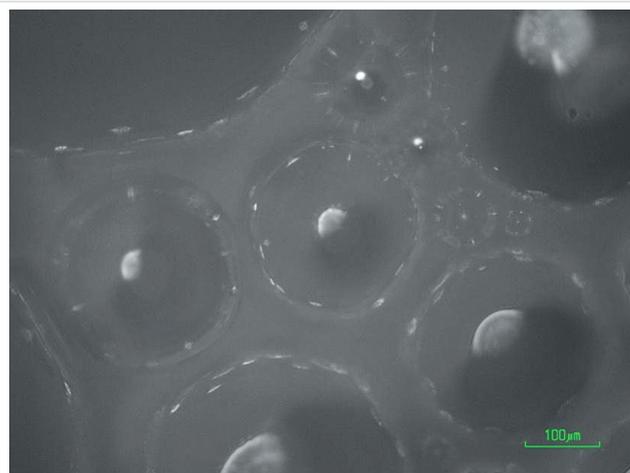


Рисунок 4. Микроструктура пены, содержащей 1% яичного белка, 0,075% пектина

Figure 4. Microstructure of the foam containing 1% of egg white and 0.075% of pectin

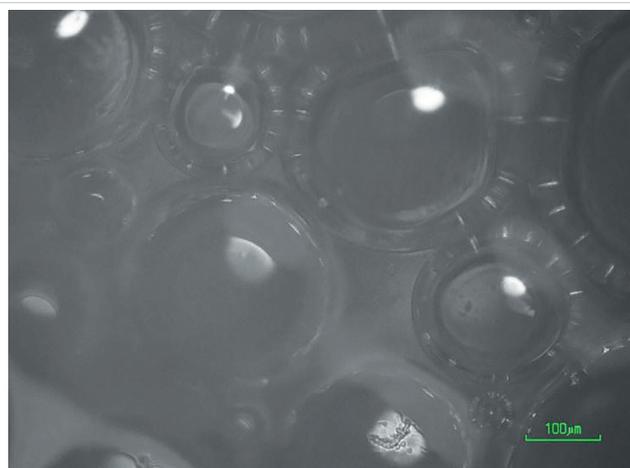


Рисунок 5. Микроструктура пены, содержащей 1% яичного белка, 0,075% пектина, 0,4% сахара белого

Figure 5. Microstructure of the foam containing 1% of egg white, 0.075% of pectin and 0.4% of white sugar

Добавление яблочного пюре, патоки, лимонной кислоты и других рецептурных компонентов в такую пенную массу приводит к незначительному уменьшению пенообразующей способности, при этом ее стойкость существенно увеличивается до 80%, т. е. практически в два раза (Рисунок 6).

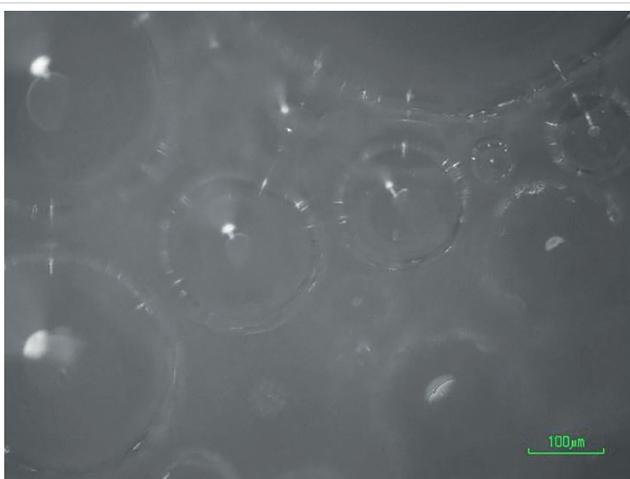


Рисунок 6. Микроструктура зефирной массы

Figure 6. Microstructure of zephyr mass

Получена стойкая пена, состоящая из пузырьков воздуха размером 50–100 мкм.

Выявленные закономерности могут быть использованы для изготовления отдельных кондитерских изделий, например, зефира или пастилы, характеризующихся высокой прочностью, заданной плотностью и другими физико-химическими и реологическими показателями.

4. Заключение

Формирование пенообразной структуры пастильных кондитерских изделий обусловлено пенообразующей спо-

собностью сухого яичного белка, пектина, сахара белого, фруктового пюре, патоки и органической кислоты.

Каждый рецептурный компонент необходим для создания устойчивой пенообразной структуры зефира с заданным соотношением свободной и связанной влаги.

Полученные результаты способствуют формированию пенообразной структуры зефирной массы с высокими физико-химическими, органолептическими и реологическими показателями, что позволит получать кондитерские изделия заданной формы высокого качества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Zverev, S.V., Karpov, V.I., Nikitina, M.A. (2021). Оптимизация пищевых композиций по профилю идеального белка. *Пищевые системы*, 4(1), 4–11. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-4-11>
- Vilkova, N.G. (2014). Свойства пен и методы их исследования. Пенза, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014
- Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Wu, N., Xu, M., Du, H. et al. (2020). Biological activities of egg yolk lipids: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06616> (unpublished date)
- Babaei, J., Khodaiyan, F., Mohammadian, M. (2019). Effects of enriching with gellan gum on the structural, functional, and degradation properties of egg white heat-induced hydrogels. *International Journal of Biological Macromolecules*, 128, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.01.116>
- Delahaije, R.J.B.M., Lech, F.J., Wierenga, P.A. (2019). Investigating the effect of temperature on the formation and stabilization of ovalbumin foams. *Food Hydrocolloids*, 91, 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.030>
- Duan, X., Li, M., Shao, J., Chen, H., Xu, X., Jin, Z. et al. (2018). Effect of oxidative modification on structural and foaming properties of egg white protein. *Food Hydrocolloids*, 75, 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.008>
- Zhao, Y., Chen, Z., Li, J., Xu, M., Shao, Y., Tu, Y. (2016). Formation mechanism of ovalbumin gel induced by alkali. *Food Hydrocolloids*, 61, 390–398. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.041>
- He, W., Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Xu, M., Du, H. et al. (2021). Effect of polysaccharides on the functional properties of egg white protein: A review. *Journal of Food Science*, 86(3), 656–666. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15651>
- Cui, R., Zhu, F. (2021). Ultrasound modified polysaccharides: A review of structure, physicochemical properties, biological activities and food applications. *Trends in Food Science and Technology*, 107, 491–508. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.018>
- Wang, X., Yu, S., Wang, J., Yu, J., Arabi, M., Fu, L., Li, B. et al. (2020). Fluorescent nanosensor designing via hybrid of carbon dots and post-imprinted polymers for the detection of ovalbumin. *Talanta*, 211, Article 120727. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120727>
- Xiong, W., Ren, C., Tian, M., Yang, X., Li, J., Li, B. (2017). Complex coacervation of ovalbumin carboxymethylcellulose assessed by isothermal titration calorimeter and rheology: Effect of ionic strength and charge density of polysaccharide. *Food Hydrocolloids*, 73, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.031>
- He, W., Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Xu, M., Du, H. et al. (2021). Effect of polysaccharides on the functional properties of egg white protein: A review. *Journal of Food Science*, 86(3), 656–666. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15651>
- Cui, R., Zhu, F. (2021). Ultrasound modified polysaccharides: A review of structure, physicochemical properties, biological activities and food applications. *Trends in Food Science and Technology*, 107, 491–508. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.018>
- Wang, X., Yu, S., Wang, J., Yu, J., Arabi, M., Fu, L., Li, B. et al. (2020). Fluorescent nanosensor designing via hybrid of carbon dots and post-imprinted polymers for the detection of ovalbumin. *Talanta*, 211, Article 120727. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120727>
- Xiong, W., Ren, C., Tian, M., Yang, X., Li, J., Li, B. (2017). Complex coacervation of ovalbumin carboxymethylcellulose assessed by isothermal titration calorimeter and rheology: Effect of ionic strength and charge density of polysaccharide. *Food Hydrocolloids*, 73, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.031>
- He, W., Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Xu, M., Du, H. et al. (2021). Effect of polysaccharides on the functional properties of egg white protein: A review. *Journal of Food Science*, 86(3), 656–666. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15651>
- Yang, X., Li, A., Li, X., Sun, L., Guo, Y. (2020). An overview of classifications, properties of food polysaccharides and their links to applications in improving food textures. *Trends in Food Science and Technology*, 102, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.020>
- Kontogiorgos, V. (2019). Polysaccharides at fluid interfaces of food systems. *Advances in Colloid and Interface Science*, 270, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.05.008>
- Li, Z., Zheng, S., Zhao, C., Liu, M., Zhang, Z., Xu, W. et al. (2020). Stability, microstructural and rheological properties of Pickering emulsion stabilized by xanthan gum/lysozyme nanoparticles coupled with xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 2387–2394. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.100>
- Benelhadj, S., Gharsallaoui, A., Degraeve, P., Attia, H., Ghorbel, D. (2016). Effect of pH on the functional properties of Arthrospira (Spirulina) platensis protein isolate. *Food Chemistry*, 194, 1056–1063, Article 18081. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.133>
- Van den Berg, M., Jara, F. L., Pilosof, A. M. (2015). Performance of egg white and hydroxypropylmethylcellulose mixtures on gelation and foaming. *Food Hydrocolloids*, 48, 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.001>
- Farjami, T., Madadlou, A. (2019). An overview on preparation of emulsion-filled gels and emulsion particulate gels. *Trends in Food Science and Technology*, 86, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.043>
- Wang, W., Shen, M., Liu, S., Jiang, L., Song, Q., Xie, J. (2018). Gel properties and interactions of Mesona blumes polysaccharide-soy protein isolates mixed gel: The effect of salt addition. *Carbohydrate Polymers*, 192, 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.03.064>
- Zhao, Y., Cao, D., Shao, Y., Xiong, C., Li, J., Tu, Y. (2020). Changes in physico-chemical properties, microstructures, molecular forces and gastric digestive properties of preserved egg white during pickling with the regulation of different metal compounds. *Food Hydrocolloids*, 98, Article 105281. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105281>

REFERENCES

- Zverev, S.V., Karpov, V.I., Nikitina, M.A. (2021). Optimization of food compositions according to the ideal protein profile. *Food systems*, 4(1), 4–11. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-4-11> (In Russian)
- Vilkova, N.G. (2014). Properties of foams and methods for their study. Penza, Penza State University of Architecture and Construction, 2014. (In Russian)
- Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Wu, N., Xu, M., Du, H. et al. (2020). Biological activities of egg yolk lipids: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06616> (unpublished date)
- Babaei, J., Khodaiyan, F., Mohammadian, M. (2019). Effects of enriching with gellan gum on the structural, functional, and degradation properties of egg white heat-induced hydrogels. *International Journal of Biological Macromolecules*, 128, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.01.116>
- Delahaije, R.J.B.M., Lech, F.J., Wierenga, P.A. (2019). Investigating the effect of temperature on the formation and stabilization of ovalbumin foams. *Food Hydrocolloids*, 91, 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.030>
- Duan, X., Li, M., Shao, J., Chen, H., Xu, X., Jin, Z. et al. (2018). Effect of oxidative modification on structural and foaming properties of egg white protein. *Food Hydrocolloids*, 75, 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.008>
- Zhao, Y., Chen, Z., Li, J., Xu, M., Shao, Y., Tu, Y. (2016). Formation mechanism of ovalbumin gel induced by alkali. *Food Hydrocolloids*, 61, 390–398. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.041>
- He, W., Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Xu, M., Du, H. et al. (2021). Effect of polysaccharides on the functional properties of egg white protein: A review. *Journal of Food Science*, 86(3), 656–666. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15651>
- Cui, R., Zhu, F. (2021). Ultrasound modified polysaccharides: A review of structure, physicochemical properties, biological activities and food applications. *Trends in Food Science and Technology*, 107, 491–508. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.018>
- Wang, X., Yu, S., Wang, J., Yu, J., Arabi, M., Fu, L., Li, B. et al. (2020). Fluorescent nanosensor designing via hybrid of carbon dots and post-imprinted polymers for the detection of ovalbumin. *Talanta*, 211, Article 120727. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120727>
- Xiong, W., Ren, C., Tian, M., Yang, X., Li, J., Li, B. (2017). Complex coacervation of ovalbumin carboxymethylcellulose assessed by isothermal titration calorimeter and rheology: Effect of ionic strength and charge density of polysaccharide. *Food Hydrocolloids*, 73, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.031>
- He, W., Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Xu, M., Du, H. et al. (2021). Effect of polysaccharides on the functional properties of egg white protein: A review. *Journal of Food Science*, 86(3), 656–666. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15651>
- Yang, X., Li, A., Li, X., Sun, L., Guo, Y. (2020). An overview of classifications, properties of food polysaccharides and their links to applications in improving food textures. *Trends in Food Science and Technology*, 102, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.020>

14. Kontogiorgos, V. (2019). Polysaccharides at fluid interfaces of food systems. *Advances in Colloid and Interface Science*, 270, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.05.008>
15. Li, Z., Zheng, S., Zhao, C., Liu, M., Zhang, Z., Xu, W. et al. (2020). Stability, microstructural and rheological properties of Pickering emulsion stabilized by xanthan gum/lysozyme nanoparticles coupled with xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 2387–2394. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.100>
16. Benelhadj, S., Gharsallaoui, A., Degraeve, P., Attia, H., Ghorbel, D. (2016). Effect of pH on the functional properties of *Arthrospira* (Spirulina) platensis protein isolate. *Food Chemistry*, 194, 1056–1063, Article 18081. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.133>
17. Van den Berg, M., Jara, F. L., Pilosof, A. M. (2015). Performance of egg white and hydroxypropylmethylcellulose mixtures on gelation and foaming. *Food Hydrocolloids*, 48, 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.001>
18. Farjami, T., Madadlou, A. (2019). An overview on preparation of emulsion-filled gels and emulsion particulate gels. *Trends in Food Science and Technology*, 86, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.043>
19. Wang, W., Shen, M., Liu, S., Jiang, L., Song, Q., Xie, J. (2018). Gel properties and interactions of Mesona blumes polysaccharide-soy protein isolates mixed gel: The effect of salt addition. *Carbohydrate Polymers*, 192, 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.05.064>
20. Zhao, Y., Cao, D., Shao, Y., Xiong, C., Li, J., Tu, Y. (2020). Changes in physico-chemical properties, microstructures, molecular forces and gastric digestive properties of preserved egg white during pickling with the regulation of different metal compounds. *Food Hydrocolloids*, 98, Article 105281. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105281>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Казанцев Егор Валерьевич — научный сотрудник, отдел современных методов оценки качества кондитерских изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности 107023, Москва, ул. Электrozаводская, д. 20 Тел.: +7-926-545-32-76 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8923-0029 * автор для контактов</p>	<p>Egor V. Kazantsev, researcher, department of modern methods for assessing the quality of confectionery, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry 20, Electrozavodskaya Str., 107023, Moscow, Russia Tel.: +7-926-545-32-76 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8923-0029 * corresponding author</p>
<p>Кондратьев Николай Борисович — доктор технических наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности 107023, Москва, ул. Электrozаводская, д. 20 Тел.: +7-495-963-54-75 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-332-9621</p>	<p>Nikolay B. Kondratev, doctor of technical sciences, chief researcher, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry 20, Electrozavodskaya Str., 107023, Moscow, Russia Tel.: +7-495-963-54-75 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-332-9621</p>
<p>Руденко Оксана Сергеевна — кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности 107023, Москва, ул. Электrozаводская, д. 20 Тел.: +7-495-962-17-40 E-mail: oxana0910@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2436-4100</p>	<p>Oxana S. Rudenko, candidate of technical sciences, deputy director, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry 20, Electrozavodskaya Str., 107023, Moscow, Russia Tel.: +7-495-962-17-40 E-mail: oxana0910@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2436-4100</p>
<p>Петрова Наталья Александровна — научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности 107023, Москва, ул. Электrozаводская, д. 20 Тел.: +7-495-962-17-40 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8475-1415</p>	<p>Natalya A. Petrova, researcher, department of modern methods for assessing the quality of confectionery, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry 20, Electrozavodskaya Str., 107023, Moscow, Russia Tel.: +7-495-962-17-40 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8475-1415</p>
<p>Белова Ирина Александровна — научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности 107023, Москва, ул. Электrozаводская, д. 20 Тел.: +7-495-962-17-40 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8025-952x</p>	<p>Irina A. Belova, researcher, department of modern methods for assessing the quality of confectionery, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry 20, Electrozavodskaya Str., 107023, Moscow, Russia Tel.: +7-495-962-17-40 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8025-952x</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>