

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 664.144

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-3-332-344>

Поступила в редакцию 17.12.2021

Received 17.12.2021

В. А. Васькина¹, Р. Х. Кандроков¹, А. А. Быков², Е. С. Новожилова³

¹Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Российская Федерация

²Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет),
Долгопрудный, Российская Федерация

³Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
Могилев, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА СТЕНОВОГО МАТЕРИАЛА ИНКАПСУЛИРОВАННОГО ОРЕХОВОГО МАСЛА НА СТРУКТУРУ И КАЧЕСТВО МОЛОЧНОЙ ПОМАДЫ

Аннотация. Молочная помада обладает большим потенциалом для использования в качестве универсального полуфабриката в производстве корпусов конфет, начинки для карамели и глазури для тортов и пирожных. Молочную помадную массу приготавливают из сахара, патоки, сгущенного молока и сливочного масла. Цель работы – совершенствование рецептуры и технологии молочной помады путем обогащения жидким растительным маслом в оболочках из белок-полисахаридных смесей (БПС) и оценка влияния состава стенового материала инкапсулированного орехового масла на качество и структуру молочной помады. Проведены исследования и анализ рецептур конфетных масс, выявлены линейные взаимосвязи между сахаристыми и белок-жировыми компонентами, позволяющие создавать новые рецептуры с заменой малоэффективных на функциональные компоненты, управлять качеством, структурой и себестоимостью продукта. Изучено влияние природы белковой основы эмульсионного геля на качество конфетной помадной массы. Установлено, что эмульгирующая и пенообразующая способность БПС влияет на плотность конфетной массы и создает в жидкой фазе помады эмульсионно-пенную структуру, которая, в свою очередь, оказывает влияние на гранулометрический состав твердой фазы помады. Установлена роль полисахаридов в стеновом материале эмульсионного геля, что связано с повышенной водопоглощательной способностью (гуммиарабика, карбоксиметилцеллюлозы) и, как следствие, повышенной влажностью помадной массы. Выявлено, что БПС образуют гелевую структуру в сплошной среде, что также влияет на зарождение и рост кристаллов сахарозы. Кроме того, такие полисахариды, как карбоксиметилцеллюлозы, в процессе хранения теряют воду и могут являться зародышем для кристаллизации сахарозы. Томографические исследования структуры опытных помадных масс подтвердили, что они имеют мелкие кристаллы и включения воздуха. Так, в контрольном образце объемная доля воздуха составила 6 %, а в опытных помадных массах на основе изолята белка сои (ИБС) и сухой молочной сыворотки (СМС) – 9 и 5 % соответственно. Можно заключить, что совершенствование рецептурного состава и технологии молочной помады приводит не только к улучшению пищевой ценности, структуры, сроков годности и расширению функциональности конфетных масс, но и к ее удешевлению и сокращению времени на производство.

Ключевые слова: молочная помада, конфетные массы, эмульсионный гель, белок-полисахаридные смеси, томограф, инкапсуляция

Для цитирования: Исследование влияния состава стенового материала инкапсулированного орехового масла на структуру и качество молочной помады / В. А. Васькина [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2022. – Т. 60, № 3. – С. 332–344. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-3-332-344>

Valentina A. Vaskina¹, Roman Kh. Kandrov¹, Aleksander A. Bykov², Elena S. Novozhilova³

¹Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation

²Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Dolgoprudny, Russian Federation

³Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

STUDY OF EFFECT OF COMPOSITION OF WALL MATERIAL OF INCAPSULATED WALNUT OIL ON STRUCTURE AND QUALITY OF MILK FONDANT

Abstract. Milk fondant has a great potential to be used as a universal semi-finished product in production of candy bodies, filling for caramel and icing for cakes and pastries. Milk fondant mass is made of sugar, molasses, condensed milk and butter. The aim of this research was to improve the formulation and technology of milk fondant by enriching it with liquid

vegetable oil in casings made of protein-polysaccharide mixtures (PPS) and to assess the effect of composition of the wall material of encapsulated walnut oil on the quality and structure of milk fondant. Research and analysis of candy mass recipes have been carried out and linear relationships have been revealed between sugary and protein-fat components, which make it possible to create new recipes with the replacement of ineffective ones with functional components, to control the quality, structure and cost of the product. Effect of the nature of protein base of the emulsion gel on the quality of the candy fondant mass has been studied. It has been determined that the emulsifying and foaming ability of PPS affects the density of the candy mass and creates an emulsion-foam structure in the liquid phase of the fondant, which, in turn, affects the particle size distribution of the solid phase of the fondant. The role of polysaccharides in the wall material of the emulsion gel has been established, which is associated with increased water absorption capacity (gum arabic, carboxymethyl cellulose), and, as a consequence, increased moisture content of the fondant mass. It was revealed that PPS form a gel structure in a continuous medium, which also affects the nucleation and growth of sucrose crystals. In addition, polysaccharides such as carboxymethyl cellulose lose water during storage and can be the nucleus for the crystallization of sucrose. Conducted tomographic studies of the experimental fondant masses structure confirm that they have small crystals and inclusions of air. So, in the control sample, the volume fraction of air was 6 %, and in the experimental fondant masses based on soy protein isolate (SPI) and dry milk whey (DMW) – 9 % and 5 %, respectively. It can be concluded that improvement of the recipe composition and technology of milk fondant leads not only to an improvement in the nutritional value, structure, shelf life and expansion of the functionality of the candy masses, but also to its cost and production time reduction.

Key words: milk fondant, candy masses, emulsion gel, protein-polysaccharide mixtures, tomograph, encapsulation

For citation: Vaskina V. A., Kandrov R. Kh., Bykov A. A., Novozhilova E. S. Study of effect of composition of wall material of encapsulated walnut oil on structure and quality of milk fondant. *Vestsi Natsyonal'nyay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2022, vol. 60, no. 3, pp. 332–344 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-3-332-344>

Введение. Молочная помада обладает большим потенциалом для использования в качестве универсального полуфабриката в производстве корпусов конфет, начинки для карамели и глазури для тортов и пирожных. Молочную помадную массу приготавливают из сахара, патоки, сгущенного молока и сливочного масла. С точки зрения физикохимии молочная помада представляет собой гетерогенную дисперсную систему, состоящую из трех фаз (твердая, жидкая и газообразная). Традиционное представление о качестве и консистенции помады связано с соотношением между твердой и жидкой фазами, а также с химическим составом массы. Особо ценится помада, твердая фаза которой состоит из мелкокристаллического сахара, полученного в процессе изогидрической перекристаллизации сахарозы [1, 2]. Жидкую фазу молочной помады представляет эмульсия, состоящая из капелек сливочного масла в насыщенном сахаро-паточно-молочном растворе. На заключительной стадии получения молочной помады проводят сбивание массы, при которой образуется небольшое количество газообразной фазы в виде пузырьков воздуха (до 6 % от общего объема). Считается, что газообразная фаза не оказывает особого влияния на качество помады [3, 4]. В молочной помаде организуется структура, в которой дисперсной фазой является комбинация нескольких типов частиц (кристаллы сахара, капельки жира и пузырьки воздуха), а сплошной средой – насыщенный сахаро-паточно-молочный раствор. Создание в помадной массе такой сложной дисперсной системы в виде суспензии сахара в эмульсионно-пенной среде происходит благодаря белкам молока, которые являются поверхностно-активными веществами (ПАВ) и содержатся в сгущенном молоке и сливочном масле [5, 6].

Впервые проводили исследования с применением ПАВ – ацетилованных моноглицеридов дистиллированных (АМГД) – при кристаллизации сахарозы. Использование ПАВ позволило понизить поверхностное натяжение и вязкость сахарных растворов, улучшить условия кристаллизации сахарозы, а также повысить отделение маточного раствора от кристаллов при центрифугировании¹. Затем аналогичное изучение проводили по использованию в качестве ПАВ алифатических спиртов (пропанол, бутанол, изобутанол и изопропанол) при кристаллизации глюкозы. Установлено, что испытанные в качестве ПАВ алифатические спирты понижают поверхностное натяжение глюкозных растворов, активируют зародышеобразование и ускоряют рост кристаллов [7]. Таким образом, ПАВ активно используют в технологии кристаллизации как сахарозы, так и глюкозы.

С развитием производства помадных масс для здорового питания появилась потребность в обогащении их функциональными ингредиентами, в уменьшении сахароемкости и пролонгировании

¹ Зубченко А. В. Влияние физико-химических процессов на качество кондитерских изделий. М.: Агропромиздат, 1986. 296 с.

сроков годности. Потребность в пищевых функциональных ингредиентах постоянно растет, так как посевные площади для возделывания растительных ингредиентов ограничены, что требует более рационального использования пищевых ресурсов [8, 9].

В технологии молочной помады используются ингредиенты животного происхождения, однако они считаются менее безопасными для окружающей среды по сравнению с компонентами растительного происхождения. В качестве источников растительных ингредиентов наиболее часто используются масличные семена, которые являются источником масла, а оставшийся шрот содержит белки и клетчатку для создания функциональных ингредиентов [10, 11].

Мировое производство масличных культур в 2020 г. составило около 600 млн т, большая часть которых использовалась для производства масла. Соя – первая по важности масличная культура, за которой следуют подсолнечник, кукуруза и рапс [12].

Создание нового поколения помадных масс ординарными методами, когда просто изменяются соотношения основных компонентов рецептуры на функциональные компоненты, является трудновыполнимой, так как сложно сохранить кинетику процесса кристаллизации сахарозы и оставить характерную эмульсионно-пенную структуру конфетной массы. В данной работе показано, что существуют определенные функциональные, физико-химические и математические взаимосвязи между такими компонентами рецептуры помады, как сахароза, декстрины, белки и жиры, которые влияют на качество и структуру конфетной массы.

В последние годы авторы работы проводили исследования, направленные на использование БПС в качестве эмульгирующихся и вспенивающих агентов для замены яичных и молочных продуктов, твердых жиров в технологии таких кондитерских изделий, как мармелад [13], фруктовый грильяж [14], кремы для тортов и пирожных [15, 16], молочных конфет¹, заварной крем [17, 18]. Полученный положительный опыт применения БПС в кондитерских массах позволил авторам сформировать гипотезу, что в традиционной молочной помаде также происходит самоорганизация БПС из молочных белков (сгущенное молоко, сливочное масло) и декстринов патоки. Вероятно, самоорганизованная БПС в традиционной молочной помаде проявляет низкие эмульгирующие и пенообразующие способности, что не позволяет провести инкапсуляцию жидких растительных масел для обогащения продукта.

Проведены исследования по разработке биоактивных леденцов, использованию фруктовых и овощных порошков, установлению физико-химической стабильности эмульсий «масло в воде», стабилизированных яичным белком, с добавлением растительных порошков, по разработке помадных конфет, обогащенных антиоксидантами из ягод аронии и виноградных выжимок, и определению влияния гидроксипропилметилцеллюлозы и структурированного масла метилцеллюлозы как заменителя шортенинга в кремах для сэндвич-печенья [19–27].

Цель данной работы – совершенствование рецептуры и технологии молочной помады путем обогащения жидким растительным маслом в оболочках из БПС и оценка влияния состава стенового материала инкапсулированного орехового масла на качество и структуру молочной помады.

Объекты и методы исследований. Исследования по определению влияния состава стенового материала инкапсулированного орехового масла на структуру и качество молочной помады проводились в Московском государственном университете пищевых производств, Московском физико-техническом институте (Национальном исследовательском университете) и в Белорусском государственном университете пищевых и химических технологий в 2021 г.

Объектами исследования являлись помадные конфетные массы, изготовленные из сахара, патоки, молока, жирового компонента в виде сливочного масла (контроль) или эмульсионного геля, ароматизатора.

При анализе химического состава в существующих рецептурах² конфетных масс рассчитывали массовые доли моно- и дисахаридов (МДС), декстринов (Д), белков (Б) и жиров (Ж) в пересчете на сухие вещества (СВ) молочного сиропа по следующей формуле:

¹ Кузнецова Л. С., Сиданова М. Ю. Технология приготовления мучных кондитерских изделий: учебник. М.: Мастерство, 2002. 320 с.

² Технология кондитерских изделий: учебник / под ред. Г. А. Маршалкина. М.: Пищевая пром-сть, 1978. 446 с.

$$Z_i = \frac{\sum_{i=1}^n (G_i d_i)}{\sum_{i=1}^n (G_i a_i)} \cdot 100, \quad (1)$$

где Z_i – массовая доля МДС, Д, Б и Ж в рецептуре (в пересчете на СВ) соответственно, %; G_i – масса i -го сырьевого компонента по унифицированной рецептуре, кг; d_i – массовая доля МДС, Д, Б и Ж в i -м сырьевом компоненте соответственно, %; a_i – массовая доля сухих веществ в i -м сырьевом компоненте, %; n – количество сырьевых компонентов в рецептуре.

Молочную помаду (контроль) готовили из сахара белого кристаллического по ГОСТ 33222-2015, молока сгущенного – по ГОСТ 34312-2017, патоки крахмальной – по ГОСТ 33917-2016, масла сливочного – по ГОСТ 32261-2013, ароматизатора ванилина – по ГОСТ 16599-71.

Для получения молочной помады по традиционной технологии в нагретый до кипения сахарный раствор добавляли молоко сгущенное и патоку, продолжали уваривание до температуры 120 °С; затем полученный молочный сироп сбивали и оставляли на томление в течение 1 ч при температуре 100 °С; вносили сливочное масло, ванилин и снова сбивали. Полученную помадную массу отправляли на формование [14].

Для получения эмульсионного геля, применяемого взамен сливочного масла, использовали ореховое масло – по ГОСТ Р ИСО 5507-2012.

В качестве стенового материала для капсулирования орехового масла готовили БПС, в которых в качестве белковых компонентов применяли ИБС – по CODEX STAN 175-1989 и СМС – по ГОСТ 33958-2016, а в качестве полисахаридов – альгинат натрия (А), гуммиарабик (G) и натрий-карбоксиметилцеллюлозу (К) – по ГОСТ 33310-2015, пектин (Р) – по ГОСТ 29186-91.

Качество полученных конфетных масс оценивали на соответствие требованиям ГОСТ 4570-2014. В исследованиях использовали современные методы анализа кондитерских масс. Определение массовой доли влаги проводили термогравиметрическим методом высушивания навески – по ГОСТ 5900-2014; плотности – объемно-весовым методом по ГОСТ 5902-80; состава и размера микрочастиц – томографическим методом на томографе Nanomex 180. Для работы с электронными таблицами, визуализации и анализа численных данных использовали компьютерную программу Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. На I этапе исследований провели анализ 202 существующих рецептов на конфетные массы для выявления взаимосвязей между основными ингредиентами. Предварительные исследования посвящены приведению каждой из анализируемых рецептов к базовой рецептуре. На следующем этапе для сведения пространства поиска оптимума к одномерному необходимо было определить соотношение, связывающее между собой доли сахаросодержащих (МДС + Д) и белок-жировых (Б + Ж) компонентов. Затем были проведены исследования зависимости доли сухих веществ белок-жировых (Б + Ж) от доли сухих веществ сахаросодержащих (МДС + Д) компонентов.

Результаты исследования этой функции по всем 202 рецептурам (рис. 1) показали, что между белок-жировыми (Б + Ж) и сахаросодержащими (МДС + Д) компонентами существует чрезвычайно сильная отрицательная корреляционная связь, характеризующаяся коэффициентом детерминации до $R^2 = 0,90$. Следовательно, взаимосвязь описывается линейной функцией, коэффициенты которой легко определяются. Полученные линии тренда с обратной корреляцией между белок-жировыми и сахаросодержащими компонентами в кондитерских массах представлены в таблице.

На рис. 1 видно, что основная доля сухих веществ (60–100 %) в составе помадных масс относится к сахаросодержащим ингредиентам, причем на долю МДС приходится до 66–94 %. Высокое содержание МДС создает благоприятные условия для получения пересыщенного сахарного раствора и проведения изогидрической кристаллизации сахарозы в помаде. При этом доля декстринов (полисахаридов), выполняющих роль антикристаллизатора, невелика и составляет в среднем 1–6 %. В отдельных рецептурах с частично закристаллизованной и аморфной структурой (ирис, молочные конфеты, молочные сбивные корпуса) доля декстринов увеличивается до 13–30 %, а также более высокое содержание жира – 11–22 %.

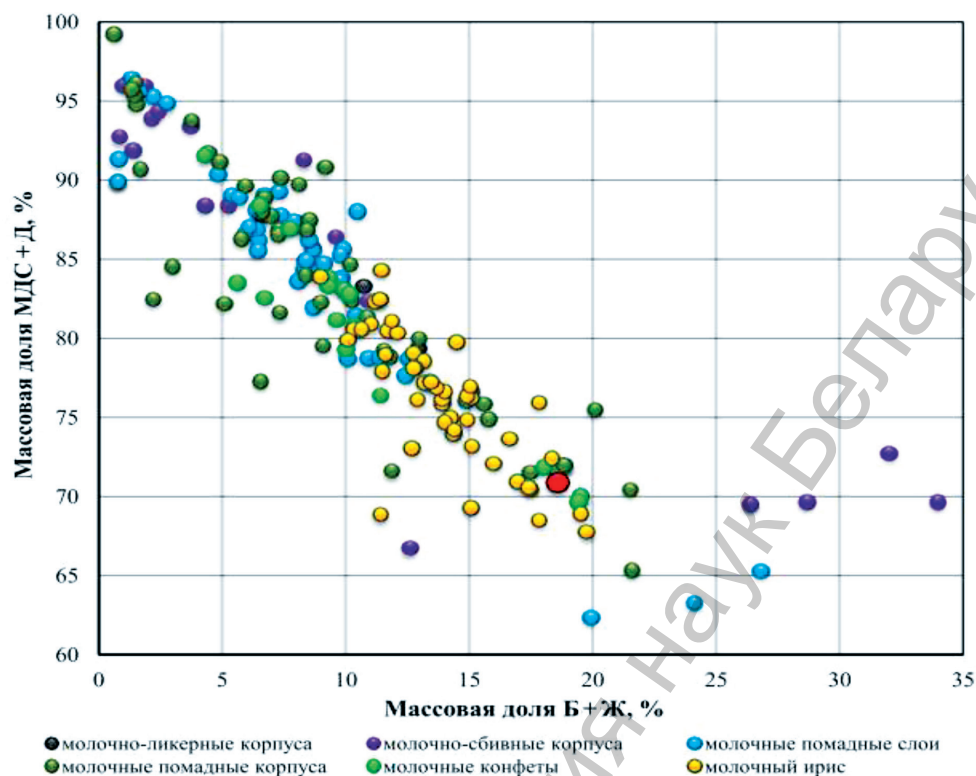


Рис. 1. Взаимосвязь между ингредиентами в рецептурах конфетных масс (в пересчете на сухие вещества)

Fig.1. Correlation between ingredients in formulations of candy masses (in terms of dry matter)

Следует заметить, что снижение доли МДС приводит к снижению степени кристалличности помадной массы, при этом обнаруживается увеличение доли белоксодержащих компонентов (Б) в среднем до 0,3–11,0 %. Таким образом, визуализация рецептурного поля конфетных масс (рис. 1) по химическому составу позволяет выявить наличие математических взаимосвязей между сахаросодержащими и белок-жировыми компонентами.

Таблица. Уравнения линий тренда, характеризующие взаимосвязь между сахаросодержащими (Y) и белок-жировыми (X) ингредиентами конфетных масс

Table. Equations of trend lines characterizing the correlation between sugar containing (Y) and protein-fat (X) ingredients of candy masses

Виды кондитерских масс с добавлением молока	Количество рецептур	Уравнение линии тренда	R ²
Молочные помадные корпуса	55	$Y = 95,131 - 1,2480X$	0,7912
Молочные помадные слои	51	$Y = 95,927 - 1,3070X$	0,9027
Молочный ирис	51	$Y = 95,106 - 1,3524X$	0,6431
Молочные конфеты	17	$Y = 94,190 - 1,2584X$	0,9040
Молочно-кремовые	15	$Y = 93,329 - 1,1583X$	0,8326
Молочно-ликерные корпуса	4	$Y = 91,154 - 0,7968X$	0,9118
Молочно-сбивные корпуса	9	$Y = 85,929 - 0,4728X$	0,6242

Практическое значение выполненного анализа рецептур заключается в том, что его результаты позволяют свести к минимуму выполнение длительных и трудоемких экспериментов по подбору и составлению рецептур конфетных масс различной жирности и сахароемкости¹, а также подбирать полезные и функциональные ингредиенты с прогнозированием структуры будущих кондитерских изделий.

¹ Сборник рецептур мучных, кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания / сост. А. В. Павлов. СПб.: Гидрометеиздат, 1998. 293 с.

На II этапе исследований проведено обогащение функциональными ингредиентами молочной помады, которая явилась контрольной рецептурой (выделена красным маркером точка на рис. 1). В рецептуру молочной помады (контрольный образец) взамен сливочного масла вводили эмульсионный гель, представляющий собой инкапсулированное жидкое растительное (ореховое) масло в стеновом материале из БПС.

Проведены исследования влияния состава БПС, а именно природы белка и трехкомпонентной смеси полисахаридов, на качество помадной массы. В качестве источника растительного протеина использовали изолят белка сои (ИБС), а в качестве источника животного протеина – сухую молочную сыворотку (СМС), из полисахаридов с высокой связующей способностью предпочли альгинат натрия (А), гуммиарабик (G), натрий-карбоксиметилцеллюлозу (К) и пектин (Р). Из выбранных полисахаридов создали 4 трехкомпонентные смеси: 1 – (А + G + К); 2 – (А + К + Р); 3 – (G + К + Р) и 4 – (А + G + Р). Следует отметить, что до настоящего времени исследования инкапсуляции полененасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в оболочки из БПС на основе ИБС и СМС с комплексом полисахаридов в технологии помадных масс не проводились.

Подготовку водных растворов БПС на основе ИБС проводили при температуре 80–90 °С, а на основе СМС – при 60–70 °С. При этом продолжительность термообработки для набухания гидроколлоидов всех смесей БПС была одинаковой и составляла 45–60 мин. После набухания гидроколлоидов растворы БПС сбивали, потом в полученную пенную массу вводили ореховое масло для получения эмульсии (эмульсионного геля). В приготовленную эмульсию добавляли сахар, затем полученную сахароэмульсионную смесь уваривали до температуры 115–120 °С, а в конце термообработки добавляли патоку. Приготовленный помадный сироп заново сбивали, нагревая до кипения, и подвергали томлению для удаления лишней влаги. В качестве контроля служила помадная масса, приготовленная по традиционной технологии. В емкость загружали сахар и добавляли воду для получения сахарного раствора, затем сахарный раствор уваривали до температуры 117–120 °С, добавляли патоку, сгущенное молоко и сливочное масло и уваривали массу до температуры 115–120 °С. Далее приготовленную массу снова нагревали до 100 °С и сбивали в течение 10 мин для получения мелкокристаллической сахарозы¹.

На III этапе исследований изучен процесс уваривания помадных масс с использованием БПС, содержащих как ИБС, так и СМС, а также две трехкомпонентные смеси: 1 – (А + G + К) и 4 – (А + G + Р). Процесс уваривания опытных и контрольной конфетных масс контролировали по температуре и строили температурный профиль, который показывает продолжительность уваривания, изменения процесса при введении новых компонентов. Температурный профиль позволяет решить основной вопрос в технологии: остается традиционное оборудование на линии или его нужно заменить. Температурный профиль уваривания контрольной помадной массы по сравнению с опытными с использованием БПС, содержащих как ИБС, так и СМС, а также трехкомпонентную смесь полисахаридов 1 – (А + G + К), представлен на рис. 2.

На рис. 2 видно, что на I этапе уваривания сахарного раствора (контроль) температура повышается до 125 °С. Температура в опытных массах, приготовленных на эмульсионном геле на основе ИБС, увеличивается до 120 °С, а на основе СМС – до 130 °С. На II этапе наблюдается убывание температуры, что обусловлено введением в контрольную массу патоки, сгущенного молока и сливочного масла, а в опытные образцы добавляется патока. Можно отметить, что в контрольном образце температура снизилась до 90 °С, в опытных образцах с использованием эмульсионного геля на основе СМС – до 84 °С, а ИБС – до 69 °С. Такой разброс в температурах контрольной и опытных масс указывает на влияние гидроколлоидов. При дальнейшем уваривании контрольной массы наблюдается повышение температуры до 125 °С, а в опытных помадных массах на ИБС – до 115 °С и на СМС – до 111 °С. Затем контрольную и опытные массы охлаждают и направляют в термостат для темперирования при 100 °С для сбивания и получения помады.

Для сравнения влияния трехкомпонентной смеси полисахаридов на процесс уваривания помадных масс с использованием БПС, содержащих как ИБС, так и СМС, была использована трехкомпонентная смесь 4 – (А + G + Р), в которой карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) заменяли на пектин. Температурный профиль уваривания контрольной помадной массы по сравнению с опытными представлен на рис. 3.

¹ Карушева Н. В. Технология производства конфет: учебник. М.: Агропромиздат, 1989. 215 с.

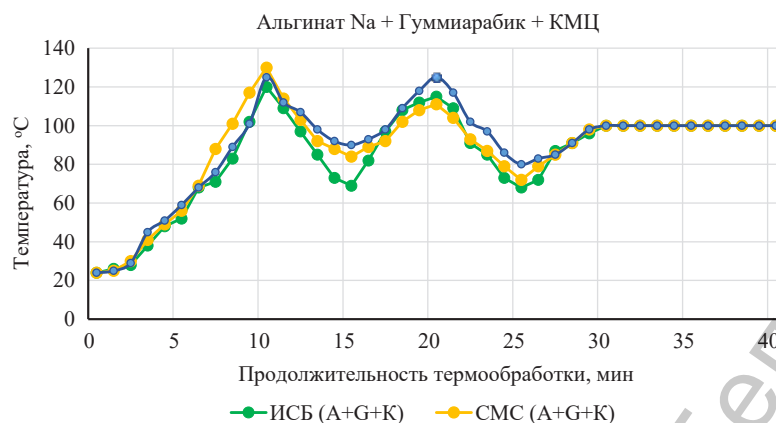


Рис. 2. Изменение температуры в процессе уваривания конфетной массы, приготовленной с использованием БПС, содержащих ИБС и СМС и одинаковую тройную смесь полисахаридов (A + G + K), по сравнению с контролем и в зависимости от продолжительности термообработки

Fig. 2. Temperature change during boiling down of candy mass prepared on PPS containing SPI and DMW and the same ternary mixture of polysaccharides (A + G + K) in comparison with the control and depending on the duration of heat treatment

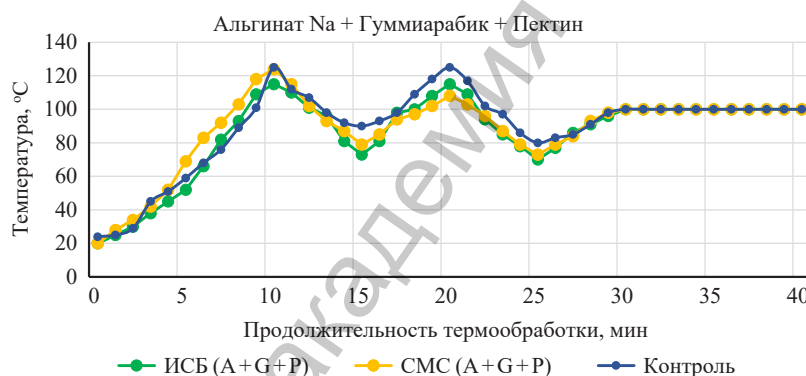


Рис. 3. Изменение температуры в процессе уваривания конфетной массы, приготовленной с использованием БПС, содержащих ИБС и СМС и одинаковую тройную смесь полисахаридов (A + G + P), по сравнению с контролем и в зависимости от продолжительности термообработки

Fig. 3. Temperature change during boiling down of candy mass prepared on PPS containing SPI and DMW and the same ternary mixture of polysaccharides (A + G + P) in comparison with the control and depending on the duration of heat treatment

На рис. 3 видно, что на I этапе уваривания сахарного раствора (контроль) температура повышается до 125 °C. Температура в опытных массах, приготовленных на эмульсионном геле на основе ИБС, увеличивается до 112 °C, а на основе СМС – до 125 °C. На II этапе наблюдается убывание температуры, что обусловлено введением в контрольную массу патоки, сгущенного молока и сливочного масла, а в опытные образцы добавляется патока. Можно отметить, что в контрольном образце температура снизилась до 90 °C, а в опытных образцах с использованием эмульсионного геля на основе СМС – до 79 °C, ИБС – до 73 °C. Такой разброс в температурах контрольной и опытных масс указывает на влияние гидроколлоидов. При дальнейшем уваривании контрольной массы наблюдается повышение температуры до 125 °C, а в опытных помадных массах на ИБС – до 115 °C и на СМС – до 108 °C. Затем контрольную и опытные массы охлаждают и направляют в термостат для темперирования при 100 °C для сбивания и получения помады. Следовательно, замена КМЦ на пектин в трехкомпонентной смеси полисахаридов вносит небольшие коррективы в температурный профиль уваривания помадных масс. Традиционное оборудование можно использовать для приготовления помадных масс по новой технологии.

Полученную помаду направляли на формирование корпусов конфет, которые анализировали на плотность и влажность (рис. 4, 5). В качестве контроля служила конфетная масса, приготовленная по традиционной рецептуре молочной помады с добавлением сливочного масла.

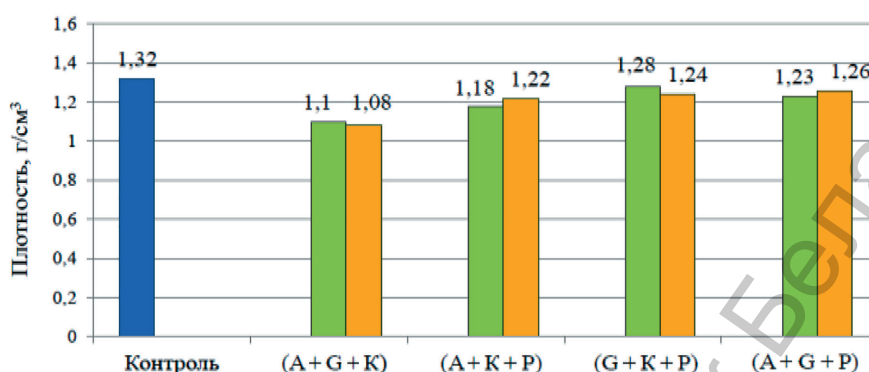


Рис. 4. Зависимость плотности помадной массы от состава стенового материала эмульсионного геля, где в качестве белка использованы изолят соевого белка (зеленый цвет) и сухая молочная сыворотка (желтый цвет), а в качестве полисахаридов: альгинат натрия (А), гуммиарабик (G), натрий-карбоксиметилцеллюлоза (K) и пектин (P)

Fig. 4. Dependence of the density of fondant mass on composition of the walnut material of the emulsion gel, where the following is used as a protein: soy protein isolate (green) and dry milk whey (yellow) and as polysaccharides: sodium alginate (A), gum arabic (G), sodium-carboxymethylcellulose (K) and pectin (P)

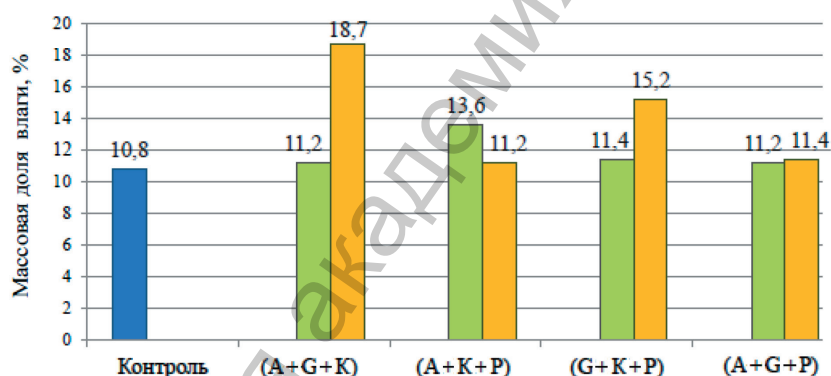


Рис. 5. Зависимость массовой доли влаги в помадной массе от состава стенового материала (БПС) эмульсионного геля, где в качестве белка использованы изолят соевого белка (зеленый цвет) и сухая молочная сыворотка (желтый цвет), а в качестве полисахаридов: альгинат натрия (А), гуммиарабик (G), натрий-карбоксиметилцеллюлоза (K) и пектин (P)

Fig. 5. Dependence of the mass fraction of moisture in fondant mass on composition of the walnut material (PPS) of the emulsion gel, where the following is used as protein: soy protein isolate (green) and dry milk whey (yellow) and as polysaccharides: sodium alginate (A), gum arabic (G), sodium carboxymethyl cellulose (K) and pectin (P)

На рис. 4 видно, что плотность контрольного образца молочной помады, приготовленной по традиционной технологии, составила 1,32 г/см³. При использовании БПС на основе как изолята соевого белка, так и сухой молочной сыворотки, а также с четырьмя различными по составу смесями полисахаридов плотность опытных образцов помады на основе СМС изменяется от 1,08 до 1,26 г/см³, или снижается на 4,5–18,0 %, а на основе ИБС изменяется от 1,10 до 1,28 г/см³, или снижается на 3,0–16,7 %. Таким образом, при применении в качестве стенового материала БПС основное влияние на снижение плотности опытной помады (от 3 до 18 %) оказывает состав трехкомпонентной смеси полисахаридов, при этом природа белка ИБС или СМС влияет незначительно. Это подтверждает, что БПС выполняет роль эмульгирующего и вспенивающего агента в молочной помаде, что в большей степени стабилизирует эмульсионно-пенную структуру конфетной массы и снижает плотность помадной массы по сравнению с контрольным образцом.

Как видно на рис. 5, массовая доля влаги в контрольной сливочной помаде, приготовленной по традиционной технологии и рецептуре, составила 10,8 %. При использовании БПС на основе как изолята соевого белка, так и сухой молочной сыворотки, а также с четырьмя различными по составу смесями полисахаридов влажность опытных образцов помады на основе СМС изменяется от 11,2 до 18,7 %, или повышается до 3,7–73,1 %, а на основе ИБС – от 11,2 до 13,6 %, или повышается до 3,7–25,9 %. Таким образом, оптимальные значения влажности помады (11,2–11,4 %) получены при использовании БПС, в которой содержится полисахаридная смесь 4 – (А + G + Р), а в качестве белка – ИБС или СМС. Кроме того, в трехкомпонентных смесях полисахаридов, содержащих гуммиарабик + натрий-карбоксиметилцеллюлозу (G + К), наблюдаются повышенные показатели влажности помады. Следует отметить, что все исследуемые образцы конфетных масс по влажности соответствовали требованиям ГОСТ 4570-2014 (не более 19,0 %).

На заключительном этапе исследований изучен процесс хранения лучших образцов помады, приготовленных с использованием БПС на основе ИБС и СМС, а также двух полисахаридных смесей: 3 – (G + К + Р) и 4 – (А + G + Р). Выявлено, что на этапе хранения в помадах, приготовленных с использованием БПС на основе ИБС и СМС и 3 – (G + К + Р), происходит укрупнение кристаллов сахарозы и ухудшение органолептических показателей помады. Наличие в составе смеси полисахаридов 3 – (G + К + Р) натрий-карбоксиметилцеллюлозы и с низкой растворимостью приводит к снижению качества молочной помады, при этом более высокое качество проявила конфетная масса, приготовленная на трехкомпонентной смеси полисахаридов 4 – (А + G + Р).

Для объективной оценки изменения структуры помадных масс в процессе хранения в течение 25 суток проводили томографические анализы состава и размеров микрочастиц. Микроструктура двух опытных образцов помады, которые приготовлены по новой технологии с использованием эмульсионного геля и отличаются только составом БПС, в которой белковой основой служит ИБС или СМС, а полисахаридная смесь 4 – (А + G + Р) – одинаковая по сравнению с контролем (рис. 6).

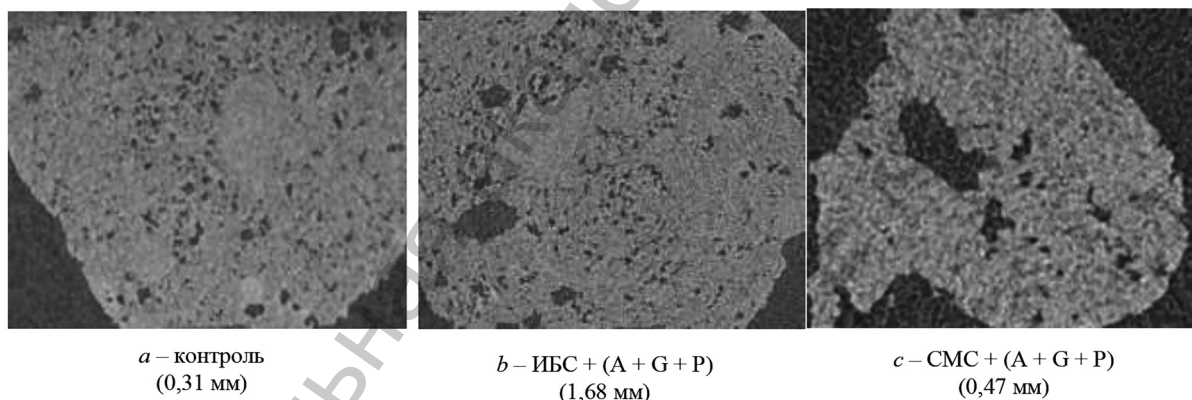


Рис. 6. Томографические снимки помадных масс, приготовленных по традиционной технологии (*a* – контроль) и по новой технологии с использованием одинаковой смеси полисахаридов (А + G + Р) и на основе различных по природе белков: *b* – изолят белка сои (ИБС) и *c* – сухая молочная сыворотка (СМС). В скобках указаны характерные размеры исследованных с помощью метода рентгеновской томографии образцов.

Разрешение томографии – 3–4 мкм/воксель

Fig. 6. Tomographic images of fondant masses prepared using traditional technology (*a* – control) and new technology using the same mixture of polysaccharides (А + G + Р) and based on proteins of different nature: *b* – soy protein isolate (SPI) and *c* – dry milk whey (DMW). The characteristic sizes of the samples examined by X-ray tomography are shown in brackets. Tomographic resolution 3–4 $\mu\text{m}/\text{voxel}$

В контрольном образце (рис. 6, *a*) присутствуют небольшие кристаллы и мелкие включения воздуха, пористость (объемная доля воздуха) 6 %. В помадных массах на основе ИБС (рис. 6, *b*) и СМС (рис. 6, *c*) видны значительные включения воздуха и белые вкрапления инкапсулированного масла, но по размеру кристаллов эти образцы не отличаются существенно от контроля. Пористость опытных образцов помады составляет 9 и 5 %.

В результате проведенных исследований установлено, что в опытных образцах помады присутствует воздух с различной объемной массой и всевозможной дисперсностью, что представляет более развернутую поверхность раздела между воздушной и жидкой фазами. Влияние более развитой поверхности на дисперсность растущих кристаллов сахарозы заключается в том, что если они касаются какой-либо стороной поверхности воздушного пузырька или капельки жира, то диффузия молекул и атомов сахарозы к ним для роста кристаллической решетки от данной поверхности невозможна, поэтому объем кристаллов медленнее возрастает. Соответственно, возникают условия для образования большего количества новых кристаллов-зародышей в объеме жидкости, при этом средний размер кристаллов должен уменьшаться. Таким образом, важной характеристикой эмульсионно-пенной среды, влияющей на характерные размеры кристаллов сахарозы, является поверхность раздела между жидкостью, пузырьками воздуха и каплями масла в единице объема образца.

Так как площадь поверхности раздела фаз в единице объема образца пропорциональна пористости и обратно пропорциональна характерному размеру пузырьков воздуха, то данной площадью можно варьировать либо уменьшая каким-либо образом диаметры пузырьков при постоянной пористости, либо увеличивая пористость при постоянном значении диаметров, но в первую очередь необходимо увеличивать отношение пористости к характерному диаметру.

По органолептическим показателям полученные помадные массы имеют нейтральный вкус, что дает широкие возможности для выбора нужных вкусовых ощущений конфет с помощью ароматизаторов.

Выводы. 1. По результатам проведенных исследований и анализа рецептур конфетных масс выявлены линейные взаимосвязи между сахаристыми и белок-жировыми компонентами, позволяющие создавать новые рецептуры с заменой малоэффективных на функциональные компоненты, управлять качеством, структурой и себестоимостью продукта.

2. Изучено влияние природы белковой основы эмульсионного геля на качество конфетной помадной массы. Установлено, что эмульгирующая и пенообразующая способность БПС влияет на плотность конфетной массы и создает в жидкой фазе помады эмульсионно-пенную структуру, которая, в свою очередь, оказывает влияние на гранулометрический состав твердой фазы помады.

3. Установлена роль полисахаридов в стеновом материале эмульсионного геля, что связано с повышенной водопоглотительной способностью (гуммиарабика, карбоксиметилцеллюлозы), и как следствие – повышенная влажность помадной массы. Выявлено, что БПС образуют гелевую структуру в сплошной среде, что также влияет на зарождение и рост кристаллов сахарозы. Кроме того, такие полисахариды, как карбоксиметилцеллюлозы, в процессе хранения теряют воду и могут являться зародышем для кристаллизации сахарозы.

4. Томографические исследования структуры опытных помадных масс подтверждают, что они имеют мелкие кристаллы и включения воздуха. Так, в контрольном образце объемная доля воздуха составила 6 %, а в опытных помадных массах на основе ИБС и СМС – 9 и 5 % соответственно.

5. Можно заключить, что совершенствование рецептурного состава и технологии молочной помады приводит не только к улучшению пищевой ценности, структуры, сроков годности и расширению функциональности конфетных масс, но и к ее удешевлению и сокращению времени на производство.

Разработанная технология легла в основу полученного патента RU 2678130 C1 «Получение молочных конфет типа “сливочная тянучка” с использованием инкапсулированного растительного масла в оболочке из белок-полисахаридной смеси на молочной сыворотке» (Васькина В. А., Монастырский В. Е., Быков А. А., Лабутина Н. В., Мухамедиев Ш. А., Машкова И. А., Новожилова Е. С.), что свидетельствует не только о ее научной, но и о практической значимости.

Список использованных источников

1. Зерно, мука и хлеб России. Производство – хранение – переработка – рынок / М. Г. Балыхин [и др.] ; под общ. ред. М. Г. Балыхина, В. А. Бутковского. – М. : Проспект, 2020. – 564 с.
2. Помадные конфеты, обогащенные бета-каротином / Т. В. Баулина [и др.] // Вестн. КрасГАУ. – 2021. – № 9 (174). – С. 179–186. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-9-179-186>

3. Создание эмульсии льняного масла, инкапсулированного белок-полисахаридной смесью / В. А. Васькина [и др.] // Кондитер. пр-во. – 2016. – № 5. – С. 10–15.
4. Васькина, В. А. Инкапсуляция кунжутного масла в желеино-фруктовый мармелад / В. А. Васькина, Ю. Ю. Панченко, С. С. Орехова // Кондитер. пр-во. – 2017. – № 2. – С. 13–15.
5. Васькина, В. А. Использование молочной сыворотки для создания в креме эмульсионно-пенной структуры / В. А. Васькина, А. А. Двоглазова // Пищевая индустрия. – 2019. – № 2 (40). – С. 26–29.
6. Держапольская, Ю. И. Перспективы комплексного использования сырья при производстве смузи на основе белков молочной сыворотки / Ю. И. Держапольская, В. О. Пигалов, В. С. Шустов // Новости науки в АПК. – 2018. – № 2 (11), ч. 1. – С. 63–66. <https://doi.org/10.25930/7819-gr88>
7. Славянский, А. А. Пищевые ПАВ и их воздействие на кристаллизацию сахарозы и разделение утфеля в центробежном поле / А. А. Славянский, М. Б. Мойсеяк // Сахар. – 2007. – № 6. – С. 27–30.
8. Монастырский, В. Е. Использование инкапсулированного растительного масла в производстве молочных конфет / В. Е. Монастырский, В. А. Васькина // Кондитер. и хлебопекар. пр-во. – 2018. – № 9–10. – С. 62–64.
9. Новожилова, Е. С. Сравнительный анализ технологий и рецептур молочных конфет / Е. С. Новожилова, И. А. Машкова, В. А. Васькина // Кондитер. и хлебопекар. пр-во. – 2014. – № 7. – С. 17, 43–44.
10. Скобельская, З. Г. Новые подходы в управлении процессом кристаллизации сахарозы в производстве конфет с помадными корпусами / З. Г. Скобельская, С. Д. Хасанова, Е. В. Милорадова // Пищевая пром-сть. – 2021. – № 12. – С. 8–11. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.12.12.001>.
11. Егорова, Е. Ю. Использование экстрактов лекарственно-технического сырья в рецептурах десертных ликеров, ликерных начинок конфет и карамели / Е. Ю. Егорова, А. Ю. Ткачева, Д. А. Шохин // Ползунов. вестн. – 2021. – № 3. – С. 21–29. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.003>.
12. Сырец, Ю. В. Исследование влияния амарантовой муки и белковой основы эмульсионного геля на качество заварного крема / Ю. В. Сырец, Т. Г. Богатырева, В. А. Васькина // Хлебопродукты. – 2021. – № 7. – С. 50–53. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-7-50-53>.
13. Ткешелашвили, М. Е. Обоснование эффективности использования сухого яичного белка повышенной взбиваемости при производстве сбивных конфет / М. Е. Ткешелашвили, Г. А. Бобожонова // Пищевая пром-сть. – 2018. – № 3. – С. 23–25.
14. Совершенствование технологии сбивных конфет с применением белка повышенной взбиваемости / М. Е. Ткешелашвили [и др.] // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий. – 2018. – Т. 80, № 2 (76). – С. 158–164. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-158-164>.
15. Тарарева, В. Ю. Овощные порошки в рецептуре помадных конфет / В. Ю. Тарарева, Л. А. Лобосова, М. Г. Магомедов // Современ. наука: актуал. проблемы и пути их решения. – 2016. – № 4 (26). – С. 46–48.
16. Улитина, Е. А. Экологические аспекты здорового питания на примере использования в пищу обогащенных молочных конфет пробиотического назначения «бифидомилк» / Е. А. Улитина, Е. В. Улитин // Modern Science. – 2020. – № 4–1. – С. 27–29.
17. Влияние продуктов переработки семян амаранта на качество помадных конфет / Н. А. Шмалько [и др.] // Изв. высш. учеб. заведений. Пищевая технология. – 2008. – № 1 (302). – С. 32–34.
18. Хворова, Л. С. Влияние поверхностно-активных веществ на кинетику кристаллизации глюкозы / Л. С. Хворова, Н. Р. Андреев, Д. Н. Лукин // Техника и технология пищевых пр-в. – 2017. – № 1 (44). – С. 81–86.
19. Bioactive candy: effects of licorice on the cardiovascular system / M. R. Deutch [et al.] // Foods. – 2019. – Vol. 8, № 10. – Art. 495. <https://doi.org/10.3390/foods8100495>
20. Extracts of herbs and alcohol increase vase life of *Dianthus caryophyllus* L. cv ‘Yellow Candy’ / D. Hashemabadi [et al.] // Rev. Chapingo. Ser. Horticultura. – 2021. – Vol. 27, № 3. – P. 135–155. <https://doi.org/10.5154/r.chsh.2020.05.009>
21. Jiang, H. Fruit and vegetable powders / H. Jiang, M. Zhang, B. Adhikari // Handbook of food powders: processes and properties / ed.: B. Bhandari [et al.]. – Cambridge, 2013. – P. 532–552. <https://doi.org/10.1533/9780857098672.3.532>
22. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: a review / M. C. Karam [et al.] // J. of Food Engineering. – 2016. – Vol. 188. – P. 32–49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001>
23. Mattice, K. D. Oleogels in food / K. D. Mattice, A. G. Marangoni // Encyclopedia of food chemistry / ed.: L. D. Melton, F. Shahidi, P. Varelis. – Amsterdam [etc.], 2019. – Vol. 2. – P. 255–260. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21662-4>
24. Kids in a candy store: an objective analysis of children’s interactions with food in convenience stores / C. McKerchar [et al.] // Nutrients. – 2020. – Vol. 12, № 7. – Art. 2143. <https://doi.org/10.3390/nu12072143>
25. Physicochemical stability of egg protein-stabilised oil-in-water emulsions supplemented with vegetable powders / V. Raikos [et al.] // Intern. J. of Food Science & Technology. – 2014. – Vol. 49, № 11. – P. 2433–2440. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12565>
26. Fondant candies enriched with antioxidants from aronia berries and grape marc / O. Opris [et al.] // Rev. de Chimie. – 2020. – Vol. 71, № 2. – P. 74–79. <https://doi.org/10.37358/RC.20.2.7895>
27. Tanti, R. Hydroxypropyl methylcellulose and methylcellulose structured oil as a replacement for shortening in sandwich cookie creams / R. Tanti, S. Barbut, A. G. Marangoni // Food Hydrocolloids. – 2016. – Vol. 61. – P. 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.032>

References

1. Balykhin M. G., Butkovskii V. A., Il'ina O. A., Shchetinin M. P., Iunikhina V. S., Labutina N. V., Feidengol'd V. B., Bogatyreva T. G., Tsyganova T. B., Shatnyuk L. N. *Grain, flour and bread of Russia. Production – storage – processing – market*. Moscow, Prospekt Publ., 2020. 564 p. (in Russian).
2. Baulina T. V., Zaitseva L. V., Osipov M. V., Bazhenova A. E. Fondant sweets enriched with beta-carotene. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasGAU*, 2021, no. 9 (174), pp. 179–186 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-9-179-186>
3. Vaskina V. A., Butin S. A., Veretennikova E. V., Mukhamediev Sh. A. Creation of linseed oil emulsion, the encapsulated protein-polysaccharide mixture. *Konditerskoe proizvodstvo = Confectionery Manufacture*, 2016, no. 5, pp. 10–15 (in Russian).
4. Vaskina V. A., Panchenko Yu. Yu., Orekhova S. S. Encapsulation of sesame oil in jelly fruit marmalade. *Konditerskoe proizvodstvo = Confectionery Manufacture*, 2017, no. 2, pp. 13–15 (in Russian).
5. Vaskina V. A., Dvoeglazova A. A. The use of milk whey to create an emulsion-foam structure in the cream. *Pishchevaya industriya [Food Industry]*, 2019, no. 2 (40), pp. 26–29 (in Russian).
6. Derzhapolskaja Y. I., Pigalov V. O., Shustov V. S. The prospect of comprehensive utilization of raw materials in the production of smoothies, protein-based whey. *Novosti nauki v APK [Science News in the AIC]*, 2018, no. 2 (11), pt. 1, pp. 63–66 (in Russian). <https://doi.org/10.25930/7819-gr88>
7. Slavyansky A. A., Moyseyak M. B. Food SAS and their influence on crystallization of saccharose and separation of massecuite in centrifugal field. *Sakhar [Sugar]*, 2007, no. 6, pp. 27–30 (in Russian).
8. Monastyrskii V. E., Vaskina V. A. The use of encapsulated vegetable oil in the production of dairy sweets. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo [Confectionery and Baking Industry]*, 2018, no. 9–10, pp. 62–64 (in Russian).
9. Novozhilova E. S., Mashkova I. A., Vaskina V. A. Comparative analysis of technologies and recipes for milk sweets. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo [Confectionery and Baking Industry]*, 2014, no. 7, pp. 17, 43–44 (in Russian).
10. Skobelskaya Z. G., Khasanova S. Dzh., Miloradova E. V. New approaches in the process of crystallization of sucrose in the production of sweets with fondant bodies. *Pishchevaya promyshlennost' = Food Industry*, 2021, no. 12, pp. 8–11 (in Russian). <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.12.12.001>
11. Egorova E. Yu., Tkacheva A. Yu., Shokhin D. A. Use of extracts of medicinal-technical raw materials in formulations of dessert liqueurs and liqueur fillings of sweets and caramels. *Polzovskiy vestnik*, 2021, no. 3, pp. 21–29 (in Russian). <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.003>
12. Syrets Yu. V., Bogatyreva T. G., Vaskina V. A. Study of the effect of amaranth flour and protein base emulsion gel on the quality of the custard. *Khleboproducty*, 2021, no. 7, pp. 50–53 (in Russian). <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-7-50-53>
13. Tkeshelashvili M. E., Bobozhonova G. A. Substantiation of the efficiency of the use of high whip egg white powder during the production of whipped sweets. *Pishchevaya promyshlennost' = Food Industry*, 2018, no. 3, pp. 23–25 (in Russian).
14. Tkeshelashvili M. E., Bobozhonova G. A., Magomedov G. O., Magomedov M. G. Improving the technology of whipped sweets using high whip egg white powder. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2018, vol. 80, no. 2 (76), pp. 158–164 (in Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-158-164>
15. Tarareva V. Yu., Lobosova L. A., Magomedov M. G. Vegetable powder in the recipe of fondant chocolates. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy i puti ikh resheniya = Modern Science: actual problems of theory and practice*, 2016, no. 4 (26), pp. 46–48 (in Russian).
16. Ulitina E. A., Ulitin E. V. Ecological aspects of healthy nutrition on the example of the use of enriched milk sweets for probiotic purposes “bifidomilk”. *Modern Science*, 2020, no. 4–1, pp. 27–29 (in Russian).
17. Shmal'ko N. A., Krasina I. B., Roslyakov Yu. F., Mozgovaya V. V., Miroshnichenko T. V. Influence of amaranth seed products on the quality of fondant sweets. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya = News of Institutes of higher education. Food Technology*, 2008, no. 1 (302), pp. 32–34 (in Russian).
18. Khvorova L. S., Andreev N. R., Lukin D. N. Effect of surfactants on kinetics of dextrose crystallization. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, no. 1 (44), pp. 81–86 (in Russian).
19. Deutch M. R., Grimm D., Wehland M., Infanger M., Krüger M. Bioactive candy: effects of licorice on the cardiovascular system. *Foods*, 2019, vol. 8, no. 10, art. 495. <https://doi.org/10.3390/foods8100495>
20. Hashemabadi D., Aboksari H. A., Rad D. H., Kaviani B. Extracts of herbs and alcohol increase vase life of *Dianthus caryophyllus* L. cv ‘Yellow Candy’. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 2021, vol. 27, no. 3, pp. 135–155. <https://doi.org/10.5154/r.chsh.2020.05.009>
21. Jiang H., Zhang M., Adhikari B. Fruit and vegetable powders. *Handbook of food powders: processes and properties*. Cambridge, 2013, pp. 532–552. <https://doi.org/10.1533/9780857098672.3.532>
22. Karam M. C., Petit J., Zimmer D., Baudelaire Djantou E., Scher J. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: a review. *Journal of Food Engineering*, 2016, vol. 188, pp. 32–49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001>
23. Mattice K. D., Marangoni A. G. Oleogels in food. *Encyclopedia of food chemistry. Vol. 2*. Amsterdam etc., 2019, pp. 255–260. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21662-4>
24. McKerchar C., Williman J., Abel G., Smith M., Gage R., Signal L., Lacey C., Mhurchu C. N. Kids in a candy store: an objective analysis of children's interactions with food in convenience stores. *Nutrients*, 2020, vol. 12, no. 7, art. 2143. <https://doi.org/10.3390/nu12072143>

25. Raikos V., Neacsu M., Morrice P., Duthie G. Physicochemical stability of egg protein-stabilised oil-in-water emulsions supplemented with vegetable powders. *International Journal of Food Science & Technology*, 2014, vol. 49, no. 11, pp. 2433–2440. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12565>

26. Opris O., Lung I., Soran M.-L., Sturza R., Ghendov-Mosanu A. Fondant candies enriched with antioxidants from aronia berries and grape marc. *Revista de Chimie*, 2020, vol. 71, no. 2, pp. 74–79. <https://doi.org/10.37358/RC.20.2.7895>

27. Tanti R., Barbut S., Marangoni A. G. Hydroxypropyl methylcellulose and methylcellulose structured oil as a replacement for shortening in sandwich cookie creams. *Food Hydrocolloids*, 2016, vol. 61, pp. 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.032>

Информация об авторах

Васькина Валентина Андреевна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, Московский государственный университет пищевых производств (Волоколамское шоссе, 11, 125080, Москва, Российская Федерация). E-mail: v.a.vaskina@inbox.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3157-9911>

Кандроков Роман Хажсетович – кандидат технических наук, доцент кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, Московский государственный университет пищевых производств (Волоколамское шоссе, 11, 125080, Москва, Российская Федерация). E-mail: nart132007@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-2003-2918>

Быков Александр Андреевич – кандидат технических наук, доцент, Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет) (Институтский пер., 9, 141700, Долгопрудный, Московская обл., Российская Федерация). E-mail: aleks-bykov@yandex.ru

Новожилова Елена Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии хлебопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (пр. Шмидта, 3, 212029, Могилев, Республика Беларусь). E-mail: helenn66@mail.ru

Information about the authors

Valentina A. Vaskina – D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department of Grain, Bakery and Confectionery Technologies, Moscow State University of Food Production (11, Volokolamskoe highway, 125080, Moscow, Russian Federation). E-mail: v.a.vaskina@inbox.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3157-9911>

Roman Kh. Kandrov – Ph. D. (Engineering), Associate Professor of the Department of Grain, Bakery and Confectionery Technologies, Moscow State University of Food Production (11, Volokolamskoe highway, 125080, Moscow, Russian Federation). E-mail: nart132007@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-2003-2918>

Alexander A. Bykov – Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University) (9, Institutskiy Ln., 141700, Dolgoprudny, Moscow Region, Russian Federation). E-mail: aleks-bykov@yandex.ru

Elena S. Novozhilova – Ph. D. (Engineering), Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Ave., 212029, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: helenn66@mail.ru