

УДК 663.918

Влияние полисахаридного комплекса в стеновом материале эмульсионного геля на качество шоколадно-ореховой начинки для кондитерских изделий

¹ ООО «Хэлси Фуд»² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»**КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:****Бутин Сергей Анатольевич**Адрес: 143002, Московская область, г. Одинцово, ул. Южная, д. 8А, пом. 123
E-mail: butin88@inbox.ru**ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:**

данные текущего исследования доступны по запросу у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:Бутин С. А., Васькина В. А., & Щеголева И. Д. (2022). Влияние полисахаридного комплекса в стеновом материале эмульсионного геля на качество шоколадно-ореховой начинки для кондитерских изделий. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 173-187. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.303>

ПОСТУПИЛА: 01.04.2022

ПРИНЯТА: 22.06.2022

ОПУБЛИКОВАНА: 30.06.2022

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

С. А. Бутин¹, В. А. Васькина², И. Д. Щеголева²**АННОТАЦИЯ****Введение.** Шоколадно-ореховая начинка для кондитерских изделий традиционно производится с твердым жиром, что не соответствует современным критериям здорового питания. Замена твердого животного жира на жидкое растительное масло создает ряд технологических проблем, которые не были ранее исследованы и решены.**Цель.** Целью работы являлось совершенствование рецептуры шоколадно-ореховой начинки путем замены твердого жира на жидкое растительное масло, вводимого в виде эмульсионного геля, структурированного белково-полисахаридной смесью. Новизна работы заключается в исследовании влияния состава белково-полисахаридной смеси на ее способность как стенового материала формировать эмульсионные гели из подсолнечного масла, которыми можно заменять твердый жир в начинке.**Материалы и методы.** Белково-полисахаридные смеси готовили из изолята белка сои и полисахаридных комплексов, состоящих из альгината натрия, гуммиарабика, карбоксиметилцеллюлозы и пектина. Проведены исследования пенообразующих и эмульсионных свойств белково-полисахаридных смесей, состоящих из изолята белка сои и отдельных полисахаридов, бинарных и тройных смесей полисахаридов. По результатам исследования приготовлены эмульсионные гели из подсолнечного масла и получены образцы шоколадно-ореховых начинок.**Результаты и их применение.** Установлено, что лучшие функциональные свойства имеют белково-полисахаридные смеси, содержащие изолят белка сои и тройные смеси полисахаридов, с преимуществом полисахаридного комплекса, содержащего альгинат натрия, гуммиарабик, пектин. Белково-полисахаридная смесь указанного состава позволяет сформировать из подсолнечного масла устойчивый эмульсионный гель, который может полностью заменить в начинке молочный жир (в составе молока сгущенного) без ухудшения физико-химических и органолептических показателей начинки, при повышении ее пищевой ценности. Разработана рецептура шоколадно-ореховой начинки с введением подсолнечного масла за счет применения белково-полисахаридной смеси, состоящей из изолята белка сои и комплекса полисахаридов — альгинат натрия, гуммиарабик, пектин.**Выводы.** Полученные результаты открывают возможности создания серии новых рецептур шоколадно-ореховых начинок для разных видов кондитерских изделий с введением растительных масел, обладающих высокой биологической ценностью.**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

шоколадно-ореховая начинка, изолят белка сои, полисахариды, белок-полисахаридная смесь, поверхностно-активное вещество, качество

Influence of the Composition of Protein-Polysaccharide Mixtures on the Formation of the Structure and Quality of Chocolate-Nut Filling for Confectionery

¹ Halsey Food LLC

² Moscow State University
of Food Production

Sergey A. Butin¹, Valentina A. Vaskina², Irina D. Shchegoleva²

CORRESPONDENCE:

Sergey A. Butin

8a Yuzhnaya st., Odintsovo,
Moscow region, 143002
E-mail: butin88@inbox.ru

FOR CITATIONS:

Butin S. A., Vaskina V. A., Shchegoleva I. D. (2022). Influence of the composition of protein-polysaccharide mixtures on the formation of the structure and quality of chocolate-nut filling for confectionery. *Storage and processing of Farm Products*, (2), 173-187. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.303>

RECEIVED: 01.04.2022

ACCEPTED: 22.06.2022

PUBLISHED: 30.06.2022

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST:

none declared.



ABSTRACT

Background. Chocolate-nut filling for confectionery products is traditionally produced using solid fat, which does not meet modern criteria for a healthy diet. The replacement of solid animal fat with liquid vegetable oil creates a number of technological problems that have not been previously investigated and solved.

Purpose. The aim of the work was to improve the recipe for chocolate-nut filling by replacing solid fat with liquid vegetable oil, introduced in the form of an emulsion gel structured with a protein-polysaccharide mixture. The novelty of the work lies in the study of the influence of the composition of the protein-polysaccharide mixture on its ability as a wall material to form emulsion gels from sunflower oil, which can replace solid fat in the filling.

Materials and methods. Protein-polysaccharide mixtures were prepared from soy protein isolate and polysaccharide complexes consisting of sodium alginate, gum arabic, carboxymethylcellulose, and pectin. Foaming and emulsion properties of protein-polysaccharide mixtures consisting of soy protein isolate and individual polysaccharides, binary and ternary mixtures of polysaccharides have been studied. According to the results of the study, emulsion gels from sunflower oil were prepared and samples of chocolate-nut fillings were obtained.

Results. It has been established that protein-polysaccharide mixtures containing soy protein isolate and ternary mixtures of polysaccharides have the best functional properties, with the advantage a polysaccharide complex containing sodium alginate, gum arabic, pectin. A protein-polysaccharide mixture of the specified composition makes it possible to form a stable emulsion gel from sunflower oil, which can completely replace milk fat in the filling (as part of condensed milk) without worsening the physicochemical and organoleptic characteristics of the filling, at the same time, an increase in the nutritional value of the filling was obtained. A recipe for a chocolate-nut filling with the introduction of sunflower oil has been developed through the use of a protein-polysaccharide mixture consisting of soy protein isolate and a complex of polysaccharides – sodium alginate, gum arabic, pectin.

Conclusions. The results obtained open up the possibility of creating a number of new formulations of chocolate-nut fillings for various types of confectionery products with the introduction of vegetable oils of high biological value.

KEYWORDS

chocolate-nut filling, soy protein isolate, polysaccharides, protein-polysaccharide mixture, surfactant, quality.

ВВЕДЕНИЕ

Кондитерская промышленность широко использует эмульсионные технологии, так как многие полуфабрикаты и готовые изделия существуют в эмульгированной форме, среди которых мучные изделия, молочные конфеты, шоколад, кремы, начинки и другие¹. Высоким спросом пользуются такие изделия, как карамель, конфеты, вафли, торты и пирожные с шоколадно-ореховой начинкой (Рыжакова & Бабина, 2017; Hartel et al., 2018). Основными компонентами начинки являются сахарная пудра, жиры, какао-продукты, тертые жареные орехи, молочные продукты, вкусовые и ароматические вещества. Шоколадно-ореховая начинка отличается ярким, насыщенным вкусом и ароматом, которые формируются при сочетании какао-продуктов и жареных тертых орехов. Содержание жира в начинке варьируется от 21 до 35 %, что влияет на технологию приготовления начинки по типу заварного^{2,3} или традиционного пралине (Hartel et al., 2018).

При получении начинки по способу заварного пралине вначале готовят сахаро-паточно-молочный сироп путем уваривания смеси из указанных компонентов до содержания сухих веществ 80–83 %. Затем в temperирующую машину загружают тертые орехи, которые заваривают горячим сахаро-паточно-молочным сиропом (температура 90–95 °C) и смесь перемешивают в течение 15–20 мин. В конце процесса заваривания в массу вносят вкусовые и ароматические вещества. Начинки, приготовленные по технологии заварного пралине, относятся по дисперсной структуре к прямой суспензированной эмульсии, в которой сплошной средой является насыщенный сахаро-паточно-молочный сироп, а дисперсной фазой — капельки жира, кристаллы сахарозы, твердые частицы какао-продуктов, ядер орехов и молочных продуктов².

В случае приготовления начинки по технологии традиционного пралине основные компоненты рецептуры смешивают и temperируют при 45–48 °C в течение 15–20 мин. После термообработки смесь

измельчают до порошкообразного состояния, загружают в микс-машину для охлаждения до температуры 35–40 °C и добавляют оставшуюся часть жира, вкусовые и ароматические вещества. Пралиновые начинки, полученные по традиционной технологии, относятся по дисперсной структуре к обратной суспензированной эмульсии, в которой сплошной средой является многокомпонентная смесь жиров, а дисперсной фазой — капельки насыщенного сахарного раствора или кристаллы сахарозы, твердые частицы какао-продуктов, ядер орехов и молочных продуктов².

Основным недостатком описанных выше технологий, негативно влияющим на качество готового продукта, является образование в начинке многокомпонентной смеси жиров, состоящей как из твердых жиров (масло какао, сливочное масло, кондитерский гидрожир, кокосовое масло), так и из жидких масел ядер орехов (арахис, фундук, миндаль, кешью). Смесь жиров является «пластификатором» и придает начинке текучесть текстуры. Следует отметить, что в составе смеси жиров большая доля принадлежит ореховым маслам, которые кристаллизуются при температуре ниже 0 °C. При любой положительной температуре происходит миграция ореховых масел из начинки в матрицу продукта, что приводит к ухудшению товарного вида, снижению качества и сроков хранения, и, как результат, приводит к отторжению у потребителей (Smith et al., 2007; Rumsey & McCarthy, 2012).

Вытекающим из основного недостатка и влияющим на качество начинки является то, что в смеси жиров могут присутствовать молочный жир и кондитерский гидрожир, которые содержат насыщенные и гидрированные (транс-) жиры, представляющие опасность для здоровья человека (L'Abbé et al., 2009). Имеются рецептуры начинок, которые также содержат молочный жир, вводимый с такими компонентами, как сухое цельное молоко — до 25 %, сухие сливки — до 42 % и молоко цельное сгущенное с сахаром — 8,5 %. Следовательно, начинка нуждается в замене не только кондитерского гидрожира, молочного жира, но и сухих молочных продуктов.

Самым существенным недостатком, снижающим качество начинки, является дефицит поверхностно-активных веществ (ПАВ) для стабилизации эмульсионной структуры. Частично функции ПАВ в начинке выполняют белки молока, содержащие-

¹ Малютенкова, С. М. (2004). *Товароведение и экспертиза кондитерских товаров: Учебное пособие для вузов*. СПб.: Питер.

² Карушева, Н. В. (1989). *Технология производства конфет: Учебное пособие*. М.: Агропромиздат.

³ Малютенкова, С. М. (2004). *Товароведение и экспертиза кондитерских товаров: Учебное пособие для вузов*. СПб.: Питер.

ся в сгущенном молоке. Оптимальное количество сгущенного молока в рецептуре начинки рекомендуется 20%, что не всегда выполняется на практике. Следует отметить, что белки молока из сухих молочных продуктов не проявляют функции ПАВ в структуре начинки. Проблемой эмульсионной структуры начинки, особенно при дефиците ПАВ, является потеря устойчивости, гравитационное разделение и агрегация капель масла, с последующей их миграцией в матрицу продукта, что отрицательно отражается на качестве и сроках годности продукта.

При создании шоколадно-ореховой начинки важным является понимание факторов, влияющих на качество и структуру начинки, а также органолептическую оценку. Вклад в общее сенсорное восприятие начинки вносят как дисперсионная среда, так и дисперсная фаза, что проявляется во внешнем виде, вкусе, консистенции и тающей во рту текстуре начинки. Эмульсия, образуемая в начинке по традиционной технологии, состоит из многочисленных капель жира с размерами до 50 мкм, диспергированных в сплошной жидкой среде — сахаро-паточно-молочном сиропе. Таким образом, существует необходимость замены твердых жиров на жидкие растительные масла и подбор новых более эффективных эмульгаторов для начинки. Это позволит изменить свойства эмульсий как по размерам капель масла, так и по их распределению в дисперсионной среде, а также по соотношению масла и воды. В результате возможно получение разнообразных физико-химических, органолептических и питательных характеристик продукта.

Зарубежные исследователи разработали различные способы введения жидких растительных масел в продукты питания. Перспективными признаны исследования канадских ученых по использованию структурированных пищевых масел — органогелей (олеогелей) для замены твердых жиров в продуктах питания (Hughes et al., 2009; Marangoni, 2012). Новые технологии позволяют получать олеогели с уникальными физическими свойствами, аналогичными твердым жирам, включая термическое поведение, механическую прочность и реологические свойства (Martins et al., 2018; Martins et al., 2020; Marangoni & Garti, 2018; Кочеткова и др., 2019). Вследствие этого олеогели производятся со свойствами, подобными твердым жирам, замена которых производится в продуктах питания (Pascas et al., 2020). Помимо

замещения твердых жиров концепция олеогелирования позволяет решить проблемы миграции масла в продукты, а также защиты и доставки гидрофобных молекул.

Наиболее простой и практичной считается технология, по которой жидкие масла вводятся в продукты в виде эмульсионного геля или в инкапсулированном состоянии (Carneiro et al., 2013; Turasan et al., 2015; Li M. et al., 2020). Инкапсуляция — образование устойчивых оболочек, окружающих капли жира. Вещество оболочек, получившее название «стеновой материал», имеет, как правило, микрофибрилльную структуру (Santos et al., 2020; Lai et al., 2021). Инкапсуляция позволяет защитить биоактивные соединения жидких масел от окисления и разрушения в процессе технологической обработки и хранения продукта. Таким образом, технология инкапсуляции позволяет сохранить жидкие масла полностью функциональными, а также обеспечить барьеры для миграции жидких масел в матрицу продукта.

В качестве стенового материала в олеогелях используют белково-полисахаридные смеси. Исследования формирования структуры олеогелей методами малоуглового рассеяния рентгеновских лучей, рентгеновской дифракции, поляризационной микроскопии и другими (Martins et al., 2022) дают основания характеризовать этот процесс как молекулярную «самосборку» или «самоорганизацию» правильных молекулярных трубчатых конструкций, которые возникают в ходе агрегации микрофибрилл гелеобразователей. На молекулярную самоорганизацию олеогелей влияют состав гелеобразователей, их концентрация и соотношение, скорость охлаждения и т.д.

В последние годы авторы данной работы проводили исследования, направленные на использование белково-полисахаридных смесей (БПС) в качестве эмульгирующих и вспенивающих агентов для замены яичных и молочных продуктов, твердых жиров в технологии таких кондитерских изделий, как мармелад (Васькина и др., 2017), фруктовый грильяж (Васькина и др., 2018), кремы для тортов и пирожных (Васькина & Двоглазова, 2019), молочные конфеты (Монастырский & Васькина, 2018; Ткешелашвили и др., 2019), заварной крем (Сырец и др., 2021), сырцовые пряники (Васькина и др., 2021).

Положительный опыт применения БПС в кондитерских изделиях разрешил авторам сформулировать гипотезу, что в традиционной шоколадно-ореховой начинке также происходит самоорганизация БПС из молочных белков (сгущенное молоко, сливочное масло) и декстринов патоки. Вероятно, самоорганизованная БПС в шоколадно-ореховой начинке проявляет низкую эмульгирующую способность, что исключает инкапсуляцию жидких масел. Положительный результат, по-видимому, можно получить, используя специально вводимую БПС, включающую сильный белковый эмульгатор, например изолят белка сои (ИБС), и полисахариды, взятые в оптимальном соотношении.

Целью данной работы явилось совершенствование рецептуры и технологии шоколадно-ореховой начинки путем замены твердых жиров жидкими растительными маслами, вводимыми в форме эмульсионного геля или в инкапсулированном состоянии.

В соответствии с целью решались следующие задачи: (1) выбор оптимального состава белково-полисахаридной смеси в качестве ПАВ для стабилизации эмульсионной структуры; (2) проведение инкапсуляции жидкого растительного масла в оболочки из БПС; (3) изучение влияния полисахаридной основы стенового материала эмульсионного геля на качество начинки; (4) создание новой рецептуры начинки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств».

Материалы

Объектами исследования были образцы пен и эмульсий, приготовленных на основе БПС с использованием изолята белка сои (ИБС) и природных полисахаридов — альгината натрия, гуммиарабика, карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), пектина. Также анализировали образцы шоколадно-ореховой начинки, приготовленные по традиционной и разработанной на основе БПС рецептурам.

В исследованиях использовали следующее сырье и материалы: сахар белый (ГОСТ 33222–2015 «Сахар белый. Технические условия»⁴); патока крахмальная (ГОСТ 33917–2016 «Патока крахмальная. Общие технические условия»⁵); молоко сгущенное стерилизованное (ГОСТ 34254–2017 «Консервы молочные. Молоко сгущенное стерилизованное. Технические условия»⁶); какао-порошок (ГОСТ 108–2014 «Какао-порошок. Технические условия»⁷); ядра ореха кешью (ГОСТ 31855–2012 «Ядра кешью. Технические условия»⁸); масло подсолнечное (ГОСТ 1129–2013 «Масло подсолнечное. Технические условия»⁹); изолят белка сои (ГОСТ Р 53861–2010 «Продукты диетического (лечебного и профилактического) питания. Смеси белковые профилактические сухие. Общие технические условия»¹⁰); полисахариды-структурообразователи (ГОСТ 33310–2015 «Добавки пищевые. Загустители пищевых продуктов. Термины и определения»¹¹); вода питьевая (ГОСТ 32220–2013 «Вода питьевая, расфасованная в емкости. Общие технические условия»¹²). Все сырье соответствовало требованиям нормативно-технической документации.

Методы

В работе использовали общепринятые лабораторные методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Критериями оценки качества начинки служили физико-химические показатели (плотность и влажность) и органо-

⁴ ГОСТ 33222-2015 (2019). Сахар белый. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 33917-2016. (2017). Патока крахмальная. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 34254-2017. (2018). Консервы молочные. Молоко сгущенное стерилизованное. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 108-2014. (2019). Какао-порошок. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ 31855-2012. (2012). Ядра кешью. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ 1129-2013. (2019). Масло подсолнечное. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ Р 53861-2010. (2011). Продукты диетического (лечебного и профилактического) питания. Смеси белковые профилактические сухие. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 33310-2015. (2015). Добавки пищевые. Загустители пищевых продуктов. Термины и определения. М.: Стандартинформ.

¹² ГОСТ 32220–2013. (2013). Вода питьевая, расфасованная в емкости. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

лептические показатели (форма, цвет, внешний вид, структура и консистенция, вкус и аромат). Качество готовой шоколадно-ореховой начинки определяли по органолептическим показателям (ГОСТ 5897-90 «Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей»¹³), влажности (ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ»¹⁴), плотности (отношению массы к объему образца). Метод определения пенообразующей способности состоял в измерении объема раствора пенообразователя в ходе его взбивания и расчете кратности пены, метод определения эмульгирующей способности – в оценке стабильности эмульсии при центрифугировании.

Процедура исследования

Работа проходила в два этапа. Вначале в модельных опытах оценивали: а) пенообразующую способность белкового структурообразователя – ИБС, б) влияние состава комплекса полисахаридов на пенообразующую и эмульгирующую способности БПС. Белково-полисахаридные смеси включали в качестве белковой составляющей ИБС, в качестве полисахаридных структурообразователей – альгинат натрия (А), гуммиарабик (Г), карбоксиметилцеллюлозу (К), пектин (Р).

Определение пенообразующей способности ИБС: готовили водный раствор ИБС, термостатировали его при температуре 80–90 °С в течение 50–60 мин, затем раствор ИБС взбивали 25 мин, через каждую минуту измеряли объем пены.

Определение пенообразующей способности БПС: готовили БПС следующих составов: 1-й тип – ИБС и один полисахарид; 2-й тип – ИБС и бинарная смесь полисахаридов; 3-й тип – ИБС и тройная смесь полисахаридов. В каждом составе БПС изolat белка сои смешивали с полисахаридами (одним или несколькими – по варианту) и дистиллированной водой, выдерживали при температуре 60 °С

в течение 1 часа для растворения и набухания биополимеров, затем взбивали для образования пены и анализировали пенообразующую способность аналогично раствору ИБС.

Определение эмульгирующей способности БПС: готовили эмульсионные гели из подсолнечного масла, стабилизированные белково-полисахаридными смесями, состоящими из ИБС и тройных смесей полисахаридов. Водный раствор БПС взбивали в течение 10–15 мин для создания устойчивой пенной массы. В полученную пенную массу, не прекращая взбивания, вводили тонкой струйкой растительное масло (при соотношении 1 : 1) для получения смеси масла с БПС. Полученную смесь продолжали взбивать в течение 10 мин для получения эмульсии. Готовую эмульсию оценивали на стабильность по уменьшению объема эмульсии при центрифугировании относительно ее начального объема.

По результатам проведенных опытов были выбраны лучшие по функциональным свойствам составы БПС, на основе которых приготовлены образцы шоколадно-ореховой начинки с заменой твердого жира эмульсионным гелем из подсолнечного масла.

На втором этапе исследовали влияние комплекса полисахаридов в стеновом материале эмульсионного геля на качество шоколадно-ореховой начинки. Контролем служила начинка, приготовленная по традиционной рецептуре из следующих ингредиентов, мас. %: сахар – 62,6; патока – 31,3; молоко сгущенное – 7,41; тертое какао 1,74; ядро ореха тертое жаренное – 2,36; эссенция – 0,2; краситель пищевой – 0,001. В опытных образцах начинки проводили замену молочного жира (в составе молока сгущенного) подсолнечным маслом, инкапсулированным в оболочки из БПС, содержащих ИБС и различные по составу комплексы полисахаридов: 1 – (А + Г + Р), 2 – (А + Г + К), 3 – (А + Р + К), 4 – (Г + Р + К). Критериями оценки качества начинки служили физико-химические показатели (плотность и влажность) и органолептические показатели (форма, цвет, внешний вид, структура и консистенция, вкус и аромат).

Анализ данных

Применяли статистический метод обработки экспериментальных данных, в ходе которого опреде-

¹³ ГОСТ 5897-90. (2012). *Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей*. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ 5900-2014. (2014). *Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ*. М.: Стандартинформ.

ляли среднее значение искомой величины из 3-х повторностей, среднееквадратическое отклонение и доверительный интервал при помощи программного пакета Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании обзора научных публикаций нами была сформулирована гипотеза, что в шоколадно-ореховой начинке замена твердого животного жира жидким растительным маслом может быть достигнута за счет использования белково-полисахаридных смесей в качестве стенового материала, формирующего эмульсионный гель из растительного масла. Исходя из этого были приготовлены белково-полисахаридные смеси разного состава, содержащие в качестве белкового компонента изолят белка сои, в качестве полисахаридных структурообразователей — альгинат натрия, гуммиарабик, карбоксиметилцеллюлозу и пектин.

Получены результаты влияния состава БПС (белкового и полисахаридного компонентов) на ее пенообразующие свойства и эмульгирующую способность в модельных эмульсиях из подсолнечного масла.

Влияние состава белково-полисахаридной смеси на ее пенообразующие свойства

Первоначально была изучена эффективность изолята белка сои в качестве пенообразователя. Установлено, что при сбивании раствора ИБС в течение 10 мин кратность пены составляла 270 %, через 20 мин — 290 %. Уровень пенообразования изолята белка сои был оценен как высокий, что согласуется с данными других авторов (Спиридонов & Туниева, 2019; Wan et al., 2014; Liu, & Tang, 2014; Li et al., 2020; Wang et al., 2020). Ранее в составах БПС использовали, в основном молочные белки, однако они предназначались для других эмульсионных изделий — молочных конфет (Монастырский & Васькина, 2018), кондитерского крема (Васькина & Двоеглазова, 2019), сырцовых пряников (Васькина и др., 2021) и т.д. Соевый белок показал свое преимущество по сравнению с молочным белком в составах БПС для сырцовых пряников, поэтому был опробован нами для БПС в шоколадно-ореховой начинке. Окончательное за-

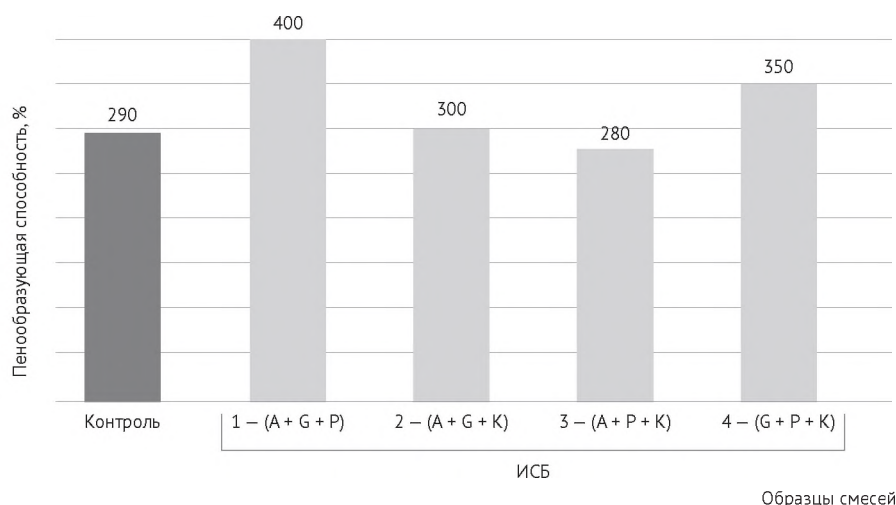
ключение о целесообразности использования ИБС в начинке можно сделать на основе анализа функциональных характеристик БПС и качества начинки, которые представлены далее.

Исследование влияния полисахаридного комплекса на пенообразование БПС дали неоднозначные результаты. В первом опыте к водному раствору ИБС добавляли отдельные полисахариды: альгинат натрия — А, гуммиарабик — G, карбоксиметилцеллюлозу — К, пектин — Р. В качестве контроля для всех смесей служила пенообразующая способность водного раствора ИБС, равная 290 %. Выявлено, что введение отдельных полисахаридов в раствор ИБС, приводило как к увеличению пенообразующей способности раствора БПС (гуммиарабик — до 350 % и пектин — 300 %), так и к снижению (альгинат натрия — до 200 % и карбоксиметилцеллюлоза — 170 %). Во втором опыте в водный раствор ИБС вводили бинарные смеси полисахаридов: (А + G); (А + К); (А + Р); (G + К); (G + Р); (К + Р). Установлено, что при введении бинарных смесей полисахаридов в раствор ИБС в большинстве вариантов (5 из 6 смесей) происходило снижение пенообразующей способности ИБС: (G + К) до 250 %, (А + G) — 160 %, (К + Р) — 150 %, (А + Р) — 110 %, (А + К) — 110 %. Только одна бинарная смесь (G + Р) при добавлении в раствор ИБС дала повышение пенообразующей способности раствора БПС — до 300 %. В третьем опыте в водный раствор ИБС включали тройные смеси полисахаридов: 1 — (А + G + Р); 2 — (А + G + К); 3 — (А + Р + К); 4 — (G + Р + К). Результаты экспериментов для тройных смесей полисахаридов представлены на Рисунке 1.

На Рисунке 1 видно, что при введении в раствор ИБС тройной смеси полисахаридов 1 — (А + G + Р) наблюдался подъем пенообразующей способности до 400 %, смеси 4 — (G + Р + К) — до 350 % и смеси 2 — (А + G + К) — до 300 %. Только в случае добавления в раствор ИБС тройной смеси полисахаридов 3 — (А + Р + К) обнаруживалось снижение пенообразующей способности до 280 %, что меньше, чем у контроля. Продолжительность взбивания белково-полисахаридных смесей, содержащих ИБС и тройные смеси полисахаридов, составляла 20–25 мин. По степени влияния на пенообразующую способность раствора ИБС тройные смеси полисахаридов можно поставить в следующий ряд: 1 — (А + G + Р) > 4 — (G + Р + К) > 2 — (А + G + К) > 3 — (А + Р + К).

Рисунок 1

Влияние полисахаридных комплексов на пенообразующую способность БПС на основе соевого белка, в сравнении с контролем



Таким образом, тройные смеси полисахаридов более эффективно влияли на пенообразующую способность растворов ИБС, чем отдельные полисахариды и их бинарные смеси. Тройная смесь полисахаридов 1 — (A + G + P) проявляла эффект синергизма, что увеличило пенообразующую способность раствора БПС до 400 %. Наличие карбоксиметилцеллюлозы (К) в составе остальных тройных смесей полисахаридов приводило к снижению пенообразующей способности БПС до 280–350 %, что на 12,5–30,0 % меньше, чем у оптимальной тройной смеси полисахаридов.

Влияние состава белково-полисахаридной смеси на ее эмульгирующую способность

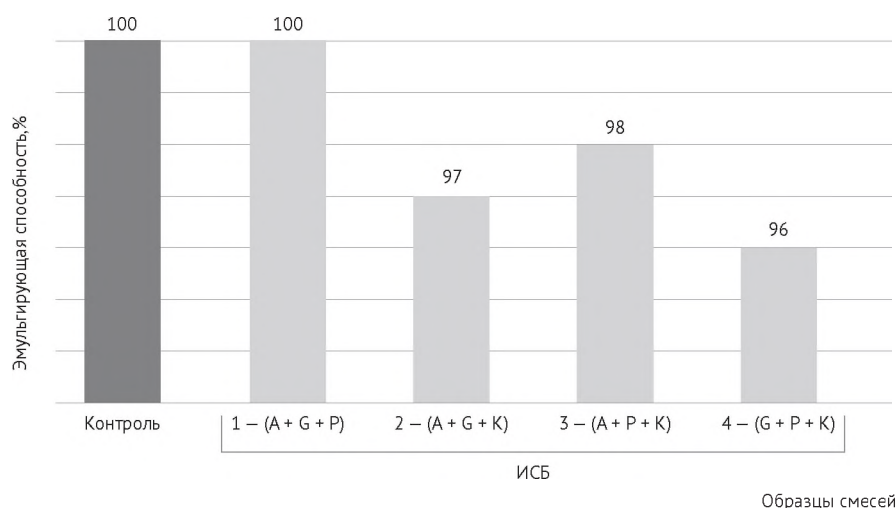
С целью выбора стенового материала для получения эмульсионного геля исследовали эмульгирующую способность растворов БПС, образованных

изолятом белка сои и тройными смесями полисахаридов: 1 — (A + G + P); 2 — (A + G + K); 3 — (A + P + K); 4 — (G + P + K). Оболочки из БПС на каплях масла, состоят из двух частей: белковой и полисахаридной. Считается, что белковая основа образует капсулы на каплях масла, а полисахаридная часть — утолщающий слой на поверхности белка и гель — в сплошной среде. Полученные эмульсии изучали на стойкость методом центрифугирования, результаты экспериментов представлены на Рисунке 2.

На Рисунке 2 видно, что эмульсия, стабилизированная БПС с тройной смесью полисахаридов 1 — (A + G + P), после центрифугирования показала стойкость, равную 100 %, т. е. является полностью устойчивой. Эмульсия, полученная из БПС с тройной смесью полисахаридов 4 — (G + P + K), показала устойчивость, равную 98 %, со смесью 2 — (A + G + K) — 97 % и смесью 3 — (A + P + K) — 96 %. Следует отметить, что тройная смесь полисахари-

Рисунок 2

Влияние полисахаридных комплексов на эмульгирующую способность БПС на основе соевого белка, в сравнении с контролем



дов 1 — (A + G + P) обнаружила эффект синергизма, что отразилось как в повышении пенообразующей способности БПС, так и в подъеме эмульгирующей способности. Наличие карбоксиметилцеллюлозы в составе тройных смесей полисахаридов отрицательно проявило себя в указанных функциональных свойствах БПС.

Несмотря на то, что белково-полисахаридные смеси в последние годы не только активно изучались, но и применялись в разных эмульсионных технологиях для инкапсуляции масел, единое мнение о механизмах инкапсуляции и образовании эмульсионных гелей до сих пор не сложилось. Опубликованные данные о взаимосвязи состава и функциональных свойств БПС довольно противоречивы. Пока успешность процесса инкапсуляции достигается подбором как белковой, так и полисахаридной составляющих БПС. Проведенные нами исследования позволили найти лучший состав БПС на основе соевого белка: исходя из анализа функциональных характеристик белково-полисахаридных смесей разного состава, лучшими признаны БПС, полученные из ИБС и тройных смесей полисахаридов. Наибольшие преимущества имела БПС, состоящая из изолята белка сои и тройной смеси полисахаридов 1 — (альгинат натрия + гуммиарабик + пектин).

Оценка качества шоколадно-ореховых начинок, содержащих эмульсионные гели из растительного масла

На завершающем этапе анализировали качество шоколадно-ореховых начинок, получаемых при замещении молочного жира (в составе молока сгущенного) подсолнечным маслом, инкапсули-

рованным в оболочки из БПС. Следует учитывать, что в процессе приготовления начинки эмульсионный гель из подсолнечного масла подвергается дополнительным механическим и температурным воздействиям, а также влиянию других рецептурных компонентов, что может снизить его устойчивость. В начинках использовали БПС из изолята белка сои и тройных смесей полисахаридов разного состава. Контролем служила начинка, приготовленная по традиционной рецептуре из следующих ингредиентов, мас. %: сахар — 62,6; патока — 31,3; молоко сгущенное — 7,41; тертое какао 1,74; ядро ореха тертое жаренное — 2,36; эссенция — 0,2; краситель пищевой — 0,001.

Экспериментальные данные плотности начинки, приготовленной по новой и традиционной (контроль) рецептурам, представлены на Рисунке 3. Как следует из Рисунка 3, плотность традиционной начинки, составила 1,41 г/см³. Начинка, приготовленная с использованием инкапсулированного растительного масла в оболочках из БПС, содержащая ИБС и полисахаридный комплекс 1 — (A + G + P), показала плотность, равную 1,46 г/см³, что выше на 3,5 %, чем у контроля. Остальные три начинки, содержащие полисахаридные комплексы: 2 — (A + G + K); 3 — (A + P + K) и 4 — (G + P + K), имели плотность, равную от 1,31 до 1,36 г/см³, что на 3-5 % меньше контроля.

Экспериментальные данные массовой доли влаги в шоколадно-ореховой начинке, приготовленной по новой и традиционной технологиям, представлены на Рисунке 4.

На Рисунке 4 видно, что в начинке, приготовленной по традиционной технологии (контроль), массовая доля влаги равнялась 12 %. В начинке,

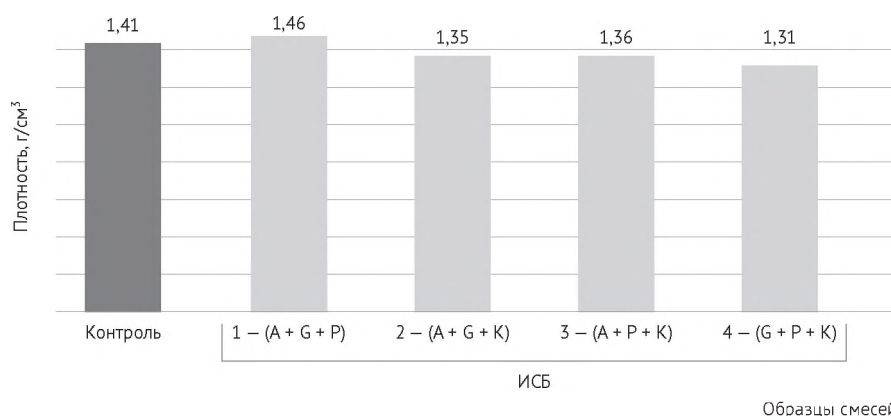
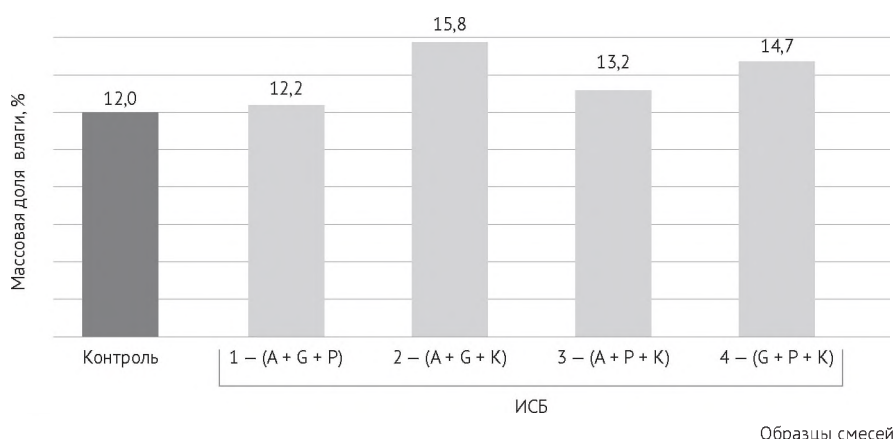


Рисунок 3

Влияние полисахаридных комплексов в составе БПС на плотность шоколадно-ореховой начинки, в сравнении с контролем.

Рисунок 4

Влияние полисахаридных комплексов в составе БПС на массовую долю влаги в шоколадно-ореховой начинке, в сравнении с контролем



приготовленной с использованием полисахаридного комплекса 1 — (А + G + Р) в составе БПС, массовая доля влаги составила 12,2%. Использование в составе БПС тройной смеси полисахаридов 2 — (А + G + К), привело к повышению содержания массовой доли влаги в начинке до 15,8%, а 3 — (А + Р + К) — до 13,2% и 4 — (G + Р + К) — 14,7%, что на 8,3–33,3% больше контроля. Следует отметить, что для 2, 3 и 4 полисахаридных комплексов характерно наличие КМЦ (К), которая доминирует и интенсивно поглощает воду, что отражается на содержании влаги в начинке.

Опытные образцы начинки, приготовленные с заменой молочного жира подсолнечным маслом, инкапсулированным в оболочки из БПС, и контрольный образец были предложены потенциальным потребителям для дегустации и органолептической оценки показателей. Оценивалась форма,

цвет и внешний вид, консистенция, вкус и аромат начинки. Максимальная оценка составляла 30 баллов. Результаты органолептической оценки шоколадно-ореховых начинок, приготовленных по новой и традиционной (контроль) рецептурам, представлены в Таблице 1.

Органолептическая оценка начинки (Таблица 1), приготовленной по традиционной рецептуре, составила 28,4 балла. Начинка, приготовленная с использованием БПС с полисахаридным комплексом 1 — (А + G + Р), заслужила оценку 26,4 балла, близкую к контролю. Остальные три начинки, приготовленные с использованием БПС, получили низкие баллы 20,2–21,4, что, по-видимому, обусловлено наличием карбоксиметилцеллюлозы в составе полисахаридных комплексов. Внешний вид шоколадно-ореховых начинок, отформованных в виде корпусов конфет, представлен на Рисунке 5.

Таблица 1

Органолептическая оценка шоколадно-ореховой начинки, приготовленной по новой рецептуре с использованием полисахаридных комплексов разного состава

№ п/п	Наименование смеси полисахаридов	Средняя оценка, баллы				
		Форма	Цвет и внешний вид	Структура и консистенция	Вкус и аромат	Суммарная оценка
1	Контроль	2,8	5,2	8,4	12,0	28,4
2	1 – (А + G + Р)	2,6	5,6	7,8	10,4	26,4
3	2 – (А + G + К)	2,2	4,0	6,6	8,0	20,8
4	3 – (А + Р + К)	2,4	4,4	6,6	8,0	21,4
5	4 – (G + Р + К)	2,0	4,8	5,4	8,0	20,2

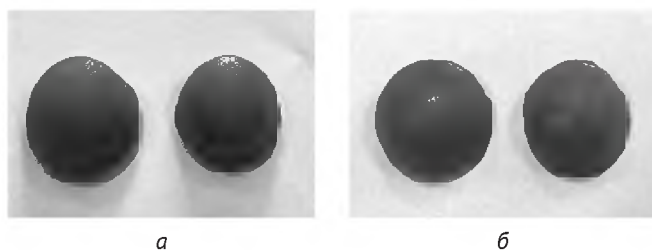


Рисунок 5

Внешний вид шоколадно-ореховой начинки, приготовленной: а — по традиционной рецептуре; б — с использованием БПС, включающей комплекс (А + G + P)

На Рисунке 5 видно, что начинки, приготовленные по традиционной рецептуре, имели ровную матовую поверхность. Такой же матовой поверхностью обладали и опытные образцы, приготовленные с использованием инкапсулированного подсолнечного масла в оболочках из БПС на основе ИБС и полисахаридного комплекса (А + G + P).

Авторы статьи предложили использовать белково-полисахаридные смеси в качестве стенового материала для создания эмульсионных гелей из растительного масла с целью замены твердого жира в шоколадно-ореховой начинке. Исследования пенообразующих и эмульсионных свойств БПС, состоящих из изолята белка сои и отдельных полисахаридов, бинарных и тройных смесей полисахаридов, однозначно показали преимущество варианта БПС из изолята белка сои и тройной смеси полисахаридов — альгинат натрия, гуммиарабик, пектин. Установлено, что БПС указанного состава позволяет сформировать из подсолнечного масла устойчивый эмульсионный гель, который может полностью заменить в начинке молочный жир (в составе молока сгущенного) без ухудшения физико-химических и органолептических показателей начинки. Разработана соответствующая (пилотная) рецептура начинки. В Таблице 2 приведены составы рецептур шоколадно-ореховых начинок традиционной (со сгущенным молоком) и новой — с заменой сгущен-

Таблица 2

Рецептуры шоколадно-ореховой начинки — традиционная и с использованием БПС на основе изолята белка сои и полисахаридного комплекса (А + G + P)

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья в кг на 1 тонну начинки (с учетом потерь)			
		традиционная рецептура начинки		рецептура начинки с добавлением БПС	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
Сахар	99,85	626,14	625,20	551,10	550,27
Патока	78,0	313,06	244,19	227,06	177,11
Молоко сгущенное	74,0	74,18	54,89	—	—
Тертое какао	97,4	17,43	16,98	—	—
Какао порошок	95,00	—	—	16,19	15,39
Ядро ореха тертое, жареное	97,5	23,60	23,01	70,27	68,51
Масло подсолнечное	100,00	—	—	32,52	32,52
Изолят соевого белка	95,00	—	—	33,80	32,11
Альгинат натрия	90,00	—	—	2,94	2,65
Гуммиарабик	90,00	—	—	8,70	7,83
Пектин	92,00	—	—	1,74	1,60
Вода для БПС	—	—	—	287,76	—
Эссенция ванильная	—	2,02	—	2,01	—
Краситель пищевой	—	0,01	—	—	—
Итого		1056,43	964,27	1234,09	887,99
Выход		1000,0	947,2	1000,00	880,00
Влажность		12 ± 2%		12 ± 2%	

ного молока подсолнечным маслом, инкапсулированным в оболочки из белково-полисахаридной смеси, состоящей из изолята белка сои и полисахаридного комплекса, включающего альгинат натрия, гуммиарабик, пектин.

Результаты исследований в дальнейшем можно использовать при создании новых рецептур шоколадно-ореховых начинок для разных видов кондитерских изделий, с введением растительных масел, обладающих высокой биологической ценностью.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований получены новые данные о функциональных свойствах белково-полисахаридных смесей с целью их применения в производстве шоколадно-ореховой начинки для замены твердого животного жира на жидкое растительное масло.

В работе молочный белок, выполняющий функции ПАВ в эмульсионной структуре традиционной шоколадно-ореховой начинки, заменен на изолят белка сои. Проведены исследования влияния добавления отдельных полисахаридов, бинарных и тройных смесей полисахаридов в раствор ИБС на пенообразующую и эмульгирующую способности БПС. Установлено, что максимальной пенообразующей способностью (400%) и эмульгирующей

способностью (100%) обладает белково-полисахаридная смесь, полученная из ИБС и комплекса полисахаридов — альгинат натрия, гуммиарабик, пектин, что позволяет рекомендовать ее в качестве ПАВ для стабилизации структуры начинки.

Получены результаты, демонстрирующие влияние полисахаридного комплекса в стеновом материале эмульсионного геля на физико-химические и органолептические показатели шоколадно-ореховой начинки. Обоснована возможность замены сгущенного молока в традиционной начинке на инкапсулированное подсолнечное масло в оболочках из БПС на основе изолята белка сои и комплекса полисахаридов — альгинат натрия, гуммиарабик, пектин, что стабилизирует и улучшает качество начинки.

Разработаны рецептура и технология производства шоколадно-ореховой начинки с использованием подсолнечного масла, вводимого в виде эмульсионного геля, структурированного белково-полисахаридной смесью.

В продолжении данной работы целесообразно исследовать возможности введения растительных масел с высокой биологической ценностью в виде эмульсионных гелей в шоколадно-ореховые начинки для разных кондитерских изделий. Это позволит расширить ассортимент и персонализацию продуктов здорового питания.

ЛИТЕРАТУРА

- Васькина, В. А., Бабарыкина, С. В., & Панченко, Ю. Ю. (2018). Увеличение срока годности и качества конфет с фруктово-грильяжным корпусом. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 3-4, 20–22.
- Васькина, В. А., & Двоеглазова, А. А. (2019). Использование молочной сыворотки для создания в креме эмульсионно-пенной структуры. *Пищевая индустрия*, 2, 26–29.
- Васькина, В. А., Кандроков, Р. Х., & Хайдар-Заде, Л. Н. (2021). Исследование влияния амарантовой муки и стенового материала инкапсулированного орехового масла на качество сырцовых пряников. *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук*, 59(2), 243–254. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-2-243-254>
- Васькина, В. А., Панченко, Ю. Ю., & Орехова, С. С. (2017). Инкапсуляция кунжутного масла в желеино-фруктовый мармелад. *Кондитерское производство*, 2, 13–15.
- Кочеткова, А. А., Саркисян, В. А., Коденцова, В. М., Фролова, Ю. В., & Соболев, Р. В. (2019). Пищевые олеогели: Свойства и перспективы использования. *Пищевая промышленность*, 8, 30–35. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10132>
- Монастырский, В. Е., & Васькина, В. А. (2018). Использование инкапсулированного растительного масла в производстве молочных конфет. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 9–10, 62–64.
- Рыжакова, А. В., & Бабина, О. А. (2017). Мировой рынок кондитерских изделий. *Международная торговля и торговая политика*, 4, 59–74.
- Спиридонов, К. И., & Туниева, Е. К. (2019). Зависимость функционально-технологических свойств соевых белков от их состава. *Ползуновский вестник*, 4, 47–51.
- Сырец, Ю. В., Богатырева, Т. Г., & Васькина, В. А. (2021). Исследование влияния амарантовой муки и белковой основы эмульсионного геля на качество за-

- варного крема. *Хлебопродукты*, 7, 50–53. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-30-7-50-53>
- Ткешелашвили, М. Е., Бобожонова, Г. А., Сорокина, А. В. (2019). Разработка кондитерских изделий обогащенных белком. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 1, 57–65.
- L'Abbé, M. R., Stender, S., Skeaff, C. M., & Tavella, M. (2009). Approaches to removing trans fats from the food supply in industrialized and developing countries. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(2), S50–S67. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.14>
- Carneiro, H. C., Tonon, R. V., Grosso, C. R., & Hubinger, M. D. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of food engineering*, 115(4), 443–451. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.033>
- Hartel, R. W., Joachim, H., & Hofberger, R. (2018). *Confectionery science and technology*. Cham, Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8>
- Hu, C., Wong, W.-T., Wu, R., & Lai, W.-F. (2019). Biochemistry and use of soybean isoflavones in functional food development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(12), 2098–2112. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1630598>
- Hughes, N. E., Marangoni, A. G., Wright, A. J., Rogers, M. A., & Rush, J. W. (2009). Potential food applications of edible oil organogels. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 470–480. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.06.002>
- L'Abbé, M. R., Stender, S., Skeaff, C. M., & Tavella, M. (2009). Approaches to removing trans fats from the food supply in industrialized and developing countries. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(2), S50–S67. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.14>
- Lai, Q., Doan, N. T. T., Nguyen, T. T. T. (2021). Influence of wall materials and homogenization pressure on microencapsulation of rice bran oil. *Food and Bioprocess Technology*, 14(10), 1885–1896. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02685-0>
- Li, M., McClements, D. J., Liu, X., & Liu, F. (2020). Design principles of oil-in-water emulsions with functionalized interfaces: Mixed, multilayer, and covalent complex structures. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3159–3190. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12622>
- Li, Q., He, Q., Xu, M., Li, J., Liu, X., Wan, Z., & Yang, X. (2020). Food-grade emulsions and emulsion gels prepared by soy protein–pectin complex nanoparticles and glycyrrhizic acid nanofibrils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(4), 1051–1063. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b04957>
- Liu, F., & Tang, C. H. (2014). Emulsifying properties of soy protein nanoparticles: influence of the protein concentration and/or emulsification process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(12), 2644–2654. <https://doi.org/10.1021/jf405348k>
- Marangoni, A. G. (2012). Organogels: An alternative edible oil-structuring method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(5), 749–780. <https://doi.org/10.1007/s11746-012-2049-3>
- Marangoni, A. G., & Garti, N. (Eds.). (2018). *Edible oleogels: Structure and health implications*. Elsevier.
- Martins, A. J., Cerqueira, F., Vicente, A. A., Cunha, R. L., Pastrana, L. M., & Cerqueira, M. A. (2022). Gelation behavior and stability of multicomponent sterol-based oleogels. *Gels*, 8(1), 37. <https://doi.org/10.3390/gels8010037>
- Martins, A. J., Vicente, A. A., Cunha, R. L., & Cerqueira, M. A. (2018). Edible oleogels: An opportunity for fat replacement in foods. *Food & Function*, 9(2), 758–773. <https://doi.org/10.1039/C7FO01641G>
- Martins, A. J., Vicente, A. A., Pastrana, L. M., & Cerqueira, M. A. (2020). Oleogels for development of health-promoting food products. *Food Science and Human Wellness*, 9(1), 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.12.001>
- Puscas, A., Muresan, V., Socaciu, C., & Muste, S. (2020). Oleogels in food: A review of current and potential applications. *Foods*, 9(1), 70. <https://doi.org/10.3390/foods9010070>
- Rumsey, T. R., & McCarthy, K. L. (2012). Modeling oil migration in two-layer chocolate-almond confectionery products. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.006>
- Santos, F. H., Silveira, B. M. P., Souza, L. L., Duarte, A. K. C., Ribeiro, M. C., Pereira, K. C., & Costa, J. M. G. (2020). Influence of wall materials on the microencapsulation of pequi oil by spray drying. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, Article e2019132. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.13219>
- Smith, K. W., Cain, F. W., & Talbot, G. (2007). Effect of nut oil migration on polymorphic transformation in a model system. *Food chemistry*, 102(3), 656–663. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2006.05.045>
- Turasan, H., Sahin, S., & Sumnu, G. (2015). Encapsulation of rosemary essential oil. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.036>
- Wan, Z. L., Wang, L. Y., Wang, J. M., Yuan, Y., & Yang, X. Q. (2014). Synergistic foaming and surface properties of a weakly interacting mixture of soy glycinin and biosurfactant stevioside. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(28), 6834–6843. <https://doi.org/10.1021/jf502027u>
- Wang, S., Yang, J., Shao, G., Qu, D., Zhao, H., Yang, L., Zhu, L., He, Y., Liu, H., & Zhu, D. (2020). Soy protein isolated-soy hull polysaccharides stabilized O/W emulsion: Effect of polysaccharides concentration on the storage stability and interfacial rheological properties. *Food Hydrocolloids*, 101, Article 105490. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105490>

REFERENCES

- Kochetkova, A. A., Sarkisyan, V. A., Kodentsova, V. M., Frolova, Yu. V., & Sobolev, R. V. (2019). Pishchevye oleogeli: Svoistva i perspektivy ispol'zovaniya [Food oleogels: properties and prospects for use]. *Pishhevaya promyshlennost' [Food industry]*, 8, 30–35. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10132>
- Monastyrskii, V. E., & Vas'kina, V. A. (2018). Ispol'zovanie inkapsulirovannogo rastitel'nogo masla v proizvodstve molochnykh konfet [The use of encapsulated vegetable oil in the production of milk candies]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo [Confectionery and bakery production]*, 9–10, 62–64.
- Pitebskaya, V. S. (2012). *Soya: Khimicheskii sostav i ispol'zovanie [Soya: Chemical composition and use]*. Maikop: Poligraf-YuG.
- Ryzhakova, A. V., & Babina, O. A. (2017). Mirovoi rynek konditerskikh izdelii [World confectionery market]. *Mezhdunarodnaya trgovlya i trgovaya politika [International trade and trade policy]*, 4, 59–74.
- Spiridonov, K. I., & Tunieva, E. K. (2019). Zavisimost' funktsional'no-tekhnologicheskikh svoystv soevykh belkov ot ikh sostava [Dependence of the functional and technological properties of soy proteins on their composition]. *Polzunovskii vestnik [Polzunovskiy Bulletin]*, 4, 47–51.
- Syrets, Yu. V., Bogatyreva, T. G., & Vas'kina, V. A. (2021). Issledovanie vliyaniya amarantovoi muki i belkovo-osnovy emul'sionnogo gelya na kachestvo zavarnogo krema [Study of the influence of amaranth flour and the protein base of the emulsion gel on the quality of the custard]. *Khleboprodukty [Bread Products]*, 7, 50–53. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-30-7-50-53>
- Tkeshelashvili, M. E., Bobozhonova, G. A., Sorokina, A. V. (2019). Razrabotka konditerskikh izdelii obogashchennykh belkom [Development of confectionery enriched with protein]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of Farm Products]*, 1, 57–65.
- Vas'kina, V. A., & Dvoeglazova, A. A. (2019). Ispol'zovanie molochnoi syvorotki dlya sozdaniya v kreme emul'sionno-pennoi struktury [The use of milk whey to create an emulsion-foam structure in the cream]. *Pishhevaya industriya [Food Industry]*, 2, 26–29.
- Vas'kina, V. A., Babarykina, S. V., & Panchenko, Yu. Yu. (2018). Uvelichenie sroka godnosti i kachestva konfet s fruktovo-gril'yazhnym korpusom [Increasing the shelf life and quality of sweets with a fruit-roasted body]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo [Confectionery and bakery production]*, 3–4, 20–22.
- Vas'kina, V. A., Kandrov, R. Kh., & Khaidar-Zade, L. N. (2021). Issledovanie vliyaniya amarantovoi muki i stenovogo materiala inkapsulirovannogo orekhovogo masla na kachestvo syrtsovykh pryanikov [Study of the influence of amaranth flour and wall material of encapsulated nut oil on the quality of raw gingerbread]. *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agricultural Science Series]*, 59(2), 243–254. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-2-243-254>
- Vas'kina, V. A., Panchenko, Yu. Yu., & Orekhova, S. S. (2017). Inkapsulyatsiya kunzhutnogo masla v zheleino-fruktovyi marmelad [Encapsulation of sesame oil in fruit jelly]. *Konditerskoe proizvodstvo [Confectionery production]*, 2, 13–15.
- Carneiro, H. C., Tonon, R. V., Grosso, C. R., & Hubinger, M. D. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of food engineering*, 115(4), 443–451. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.035>
- Hartel, R. W., Joachim, H., & Hofberger, R. (2018). *Confectionery science and technology*. Cham, Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8>
- Hu, C., Wong, W.-T., Wu, R., & Lai, W.-F. (2019). Biochemistry and use of soybean isoflavones in functional food development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(12), 2098–2112. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1630598>
- Hughes, N. E., Marangoni, A. G., Wright, A. J., Rogers, M. A., & Rush, J. W. (2009). Potential food applications of edible oil organogels. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 470–480. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.06.002>
- L'Abbé, M. R., Stender, S., Skeaff, C. M., & Tavella, M. (2009). Approaches to removing trans fats from the food supply in industrialized and developing countries. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(2), S50–S67. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.14>
- Lai, Q., Doan, N. T. T., Nguyen, T. T. T. (2021). Influence of wall materials and homogenization pressure on microencapsulation of rice bran oil. *Food and Bioprocess Technology*, 14(10), 1885–1896. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02685-0>
- Li, M., McClements, D. J., Liu, X., & Liu, F. (2020). Design principles of oil-in-water emulsions with functionalized interfaces: Mixed, multilayer, and covalent complex structures. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3159–3190. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12622>
- Li, Q., He, Q., Xu, M., Li, J., Liu, X., Wan, Z., & Yang, X. (2020). Food-grade emulsions and emulsion gels prepared by soy protein-pectin complex nanoparticles and glycyrrhizic acid nanofibrils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(4), 1051–1063. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b04957>
- Liu, F., & Tang, C. H. (2014). Emulsifying properties of soy protein nanoparticles: influence of the protein concentration and/or emulsification process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(12), 2644–2654. <https://doi.org/10.1021/jf405348k>
- Marangoni, A. G. (2012). Organogels: An alternative edible oil-structuring method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(5), 749–780. <https://doi.org/10.1007/s11746-012-2049-3>

- Marangoni, A. G., & Garti, N. (Eds.). (2018). *Edible oleogels: Structure and health implications*. Elsevier.
- Martins, A. J., Cerqueira, F., Vicente, A. A., Cunha, R. L., Pastrana, L. M., & Cerqueira, M. A. (2022). Gelation behavior and stability of multicomponent sterol-based oleogels. *Gels*, 8(1), 37. <https://doi.org/10.3390/gels8010037>
- Martins, A. J., Vicente, A. A., Cunha, R. L., & Cerqueira, M. A. (2018). Edible oleogels: An opportunity for fat replacement in foods. *Food & Function*, 9(2), 758–773. <https://doi.org/10.1039/C7FO01641G>
- Martins, A. J., Vicente, A. A., Pastrana, L. M., & Cerqueira, M. A. (2020). Oleogels for development of health-promoting food products. *Food Science and Human Wellness*, 9(1), 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.12.001>
- Puscas, A., Muresan, V., Socaciu, C., & Muste, S. (2020). Oleogels in food: A review of current and potential applications. *Foods*, 9(1), 70. <https://doi.org/10.3390/foods9010070>
- Rumsey, T. R., & McCarthy, K. L. (2012). Modeling oil migration in two-layer chocolate-almond confectionery products. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.006>
- Santos, F. H., Silveira, B. M. P., Souza, L. L., Duarte, A. K. C., Ribeiro, M. C., Pereira, K. C., & Costa, J. M. G. (2020). Influence of wall materials on the microencapsulation of pequi oil by spray drying. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, Article e2019132. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.13219>
- Smith, K. W., Cain, F. W., & Talbot, G. (2007). Effect of nut oil migration on polymorphic transformation in a model system. *Food chemistry*, 102(3), 656–663. <https://doi.org/10.1016/j.FOODCHEM.2006.05.045>
- Turasan, H., Sahin, S., & Sumnu, G. (2015). Encapsulation of rosemary essential oil. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.036>
- Wan, Z. L., Wang, L. Y., Wang, J. M., Yuan, Y., & Yang, X. Q. (2014). Synergistic foaming and surface properties of a weakly interacting mixture of soy glycinin and biosurfactant stevioside. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(28), 6834–6843. <https://doi.org/10.1021/jf502027u>
- Wang, S., Yang, J., Shao, G., Qu, D., Zhao, H., Yang, L., Zhu, L., He, Y., Liu, H., & Zhu, D. (2020). Soy protein isolated-soy hull polysaccharides stabilized O/W emulsion: Effect of polysaccharides concentration on the storage stability and interfacial rheological properties. *Food Hydrocolloids*, 101, Article 105490. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105490>