

УДК 633.522:664.689

# Влияние продуктов переработки конопли и природы белка в стеновом материале эмульсионного геля на качество и структуру заварного полуфабриката для эклера

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»

## КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Щеголева Ирина Дмитриевна

Адрес: 125080 г. Москва,

Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: shchegolevaid@mgupp.ru

## ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования доступны по запросу у корреспондирующего автора.

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Васькина, В. А., Шаршунов, В. А., Машкова, И. А., Быков, А. А., & Щеголева, И. Д. (2023). Влияние продуктов переработки конопли и природы белка в стеновом материале эмульсионного геля на качество и структуру заварного полуфабриката для эклера. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 150–162. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.414>

ПОСТУПИЛА: 10.03.2023

ПРИНЯТА: 26.03.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 30.03.2023

## КОНФИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.



В. А. Васькина<sup>1</sup>, В. А. Шаршунов<sup>1</sup>, И. А. Машкова<sup>1</sup>, А. А. Быков<sup>2</sup>, И. Д. Щеголева<sup>3</sup>

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Основными недостатками технологии заварного полуфабриката для эклеров и профитролей является использование твердых животных жиров и высокие требования к пшеничной муке по количеству и качеству клейковины. Замена твердого жира на конопляное масло и пшеничной муки на безглютеновую смесь из конопляной и рисовой муки позволит получить продукт, обогащенный уникальным комплексом питательных веществ, и снизить риски ряда заболеваний. Однако, указанные замены рецептурных компонентов приведут к принципиальному изменению структурной основы теста и применению новых технологических решений.

**Цель работы.** Разработка технологии безглютенового заварного полуфабриката для эклеров и профитролей на основе продуктов переработки семян конопли (масла и муки) и белково-полисахаридных смесей.

**Материалы и методы.** Опытные образцы заварного полуфабриката готовили с заменой пшеничной муки на безглютеновую смесь из конопляной и рисовой муки и твердого животного жира — на конопляное масло. Необходимое структурообразование в тесте достигалось за счет введения белково-полисахаридных смесей, в которых использовали сухую молочную сыворотку или изолят белка сои и тройную смесь полисахаридов — альгинат натрия, пектин, натрий карбоксиметилцеллюлозу. Проведены исследования физико-химических, органолептических и рентгеноструктурных характеристик заварного полуфабриката в зависимости от технологии и рецептуры приготовления.

**Результаты.** Экспериментально доказана возможность получения заварного полуфабриката для эклеров и профитролей с высокими питательными свойствами по новой технологии, согласно которой пшеничную муку полностью заменяют безглютеновой смесью, состоящей из конопляной и рисовой муки в соотношении 50:50, а вместо твердого животного жира вносят конопляное масло, капсулированное в оболочки из белково-полисахаридных смесей. Готовые изделия имели хорошие физико-химические и органолептические характеристики. Отмечено, что изделия обладали немного более темным цветом поверхности, приятным вкусом и ароматом, а также более однородной структурой стенки, окружающей внутреннюю полость.

**Выводы.** Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования технологий мучных кондитерских изделий с привлечением новых источников ценного растительного сырья.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

заварной полуфабрикат, конопляное масло, конопляная мука, белково-полисахаридная смесь, безглютеновый продукт, пищевая ценность, органолептические и физико-химические показатели качества, новая технология

# Influence of Hemp Processing Products and the Nature of Protein in the Wall Material of Emulsion Gel on the Quality and Structure of Choux Semi-Finished for Eclair

<sup>1</sup> Belarusian State University of Food and Chemical Technologies

<sup>2</sup> Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University)

<sup>3</sup> Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)

## CORRESPONDENCE:

**Irina D. Shchegoleva**

Address: 11, Volokolamsk highway, Moscow, 125080, Russia

E-mail: ShchegolevaID@mgupp.ru

## FOR CITATIONS:

Vaskina, V. A., Sharshunov, V. A., Mashkova, I. A., Bykov, A. A., & Shchegoleva, I. D. (2023). Influence of hemp processing products and the nature of protein in the wall material of emulsion gel on the quality and structure of choux semi-finished for eclair. *Storage and Processing of Farm Products*, 1), 150–162. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.414>

RECEIVED: 10.03.2023

ACCEPTED: 26.03.2023

PUBLISHED: 30.03.2023

## DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



Valentina A. Vaskina<sup>1</sup>, Vyacheslav A. Sharshunov<sup>1</sup>, Irina A. Mashkova<sup>1</sup>, Alexander A. Bykov<sup>2</sup>, Irina D. Shchegoleva<sup>3</sup>

## ABSTRACT

**Background.** The main disadvantages of technology for choux semi-finished for eclairs and profiteroles are the use of solid animal fats and high requirements for wheat flour in terms of the quantity and quality of gluten. Replacing solid fat with hemp oil and wheat flour with a gluten-free mixture of hemp and rice flour will provide a product enriched with a unique complex of nutrients and reduce the risks of a number of diseases. However, these replacements of prescription components will lead to a fundamental change in the structural basis of the dough and the use of new technological solutions.

**Purpose.** Development of technology for gluten-free custard semi-finished products for eclairs and profiteroles based on hemp seed processing products (oil and flour) and protein-polysaccharide mixtures.

**Materials and Methods.** Experimental samples of the choux semi-finished product were prepared with the replacement of wheat flour with a gluten-free mixture of hemp and rice flour and solid animal fat with hemp oil. The necessary structure formation in the dough was achieved by introducing protein-polysaccharide mixtures, in which whey powder or soy protein isolate and a triple mixture of polysaccharides - sodium alginate, pectin, sodium carboxymethylcellulose were used. Studies of the physicochemical, organoleptic and X-ray diffraction characteristics of the choux semi-finished product were carried out depending on the technology and recipe of preparation.

**Results.** Experimentally proved the possibility of obtaining choux semi-finished for eclairs and profiteroles with high nutritional properties using a new technology, according to which wheat flour is completely replaced with a gluten-free mixture consisting of hemp and rice flour in a ratio of 50:50, and instead of solid animal fat, hemp oil is added, encapsulated in shells made of protein-polysaccharide mixtures. Finished products had good physical, chemical and organoleptic characteristics. It was noted that the products had a slightly darker surface color, a pleasant taste and aroma, as well as a more uniform structure of the wall surrounding the internal cavity.

**Conclusions.** The results obtained can be used to improve the technology of flour confectionery products with the involvement of new sources of valuable plant raw materials.

## KEYWORDS

choux semi-finished for eclair, hemp oil, hemp flour, protein-polysaccharide mixture, gluten free product, nutritional value, organoleptic and physicochemical quality indicators, new technology

## ВВЕДЕНИЕ

Потребители постоянно интересуются здоровыми продуктами питания и стремятся устранить отдельные негативные последствия такие, как загрязненность пищи антипитательными ингредиентами, хронические заболевания, вызванные неправильным питанием, ущерб окружающей среде в связи с производством пищи. Прогрессивные технологии производства пищевых эмульсий используются для решения многих из этих проблем (Tan & McClements, 2021). В технологии кондитерских изделий широко применяются эмульсии, что характерно для производства шоколада, конфет, мучных изделий, кремов, начинок и других. Пирожные эклеры и профитролы изготавливаются на основе заварного полуфабриката, внутри которого имеется большая полость, заполняемая разнообразными начинками, что обеспечивает повышенный спрос всех категорий потребителей. Основными компонентами рецептуры заварного полуфабриката являются пшеничная мука, сливочное масло или маргарин, меланж (яйца) и соль. В технологию заварного полуфабриката включаются следующие стадии: приготовление мучной заварки и теста, формование тестовых заготовок и их выпечка. В варочный котел с мешалкой загружаются вода, сливочное масло и соль, затем смесь нагревается до кипения. Далее, не прекращая перемешивания, в кипящий водно-масло-солевой раствор добавляется мука и образуется заварка. Охлажденная мучная заварка загружается в сбивальную машину, добавляется яичный меланж и смесь сбивается для получения теста. Из полученного теста на листы формируются тестовые заготовки в виде трубочек, куполов или колец, которые затем для выпечки подаются в печь. Выпеченные заварные полуфабрикаты охлаждаются в камере и отправляются на отделку<sup>1</sup>.

В свете современных тенденций здорового сбалансированного питания у потребителей могут возникнуть вопросы по наличию в рецептуре заварного полуфабриката твердого жира и пшеничного глютена. Твердые жиры (маргарин, сливочное мас-

ло и др.) содержат значительную долю высокоплавких триацилглицеринов, потребление которых рекомендуется ограничивать (Mozaffarian et al., 2006; Patel et al., 2020). Кроме того, существует признанное понимание, что потребление ненасыщенных жирных кислот оказывает положительное влияние на здоровье (Ghazani & Marangoni, 2016; Zárate et al., 2017; Djuricic & Calder, 2021). Вследствие этого, набирает популярность концепция замены насыщенных и трансизомеров жирных кислот ненасыщенными жирными кислотами в мучных изделиях. Однако, прямая замена твердого жира жидкими маслами обычными способами не происходит, так как имеются различия в их физических и сенсорных свойствах.

Другим недостатком заварного полуфабриката является повышенные требования к качеству муки, в которой содержание клейковины должно быть выше 30% и до 36%, при качестве не ниже 1-ой группы по ИДК. Применение муки с более низкими показателями по количеству и качеству клейковины приводит к получению заварного полуфабриката без полости внутри. Кроме того, глютен муки вызывает негативную реакцию у больных целиакией, которая становится все более частой (Leonard et al., 2017; Caio et al., 2019; Aljada et al., 2021). Эти обстоятельства привели к разработке безглютеновых мучных изделий (Šmídová & Rysová, 2022), в том числе и заварного полуфабриката.

Стремление создания безглютеновых заварных полуфабрикатов наблюдалось неоднократно. Так, известен способ получения заварного полуфабриката (Васькина и др., 2014), предусматривающий использование белково-полисахаридной смеси. Однако, предлагаемая технология не позволила исключить из рецептуры сливочное масло. Предложен способ получения безглютенового заварного полуфабриката на основе маргарина и смеси амарантовой муки и картофельного крахмала<sup>2</sup>. По мнению автора патента, качество продукта по данной технологии оставалось невысоким. Популярен также способ приготовления безглютенового за-

<sup>1</sup> Кузнецова, Л. С., Сиданова, М. Ю. (2007). *Технология приготовления мучных кондитерских изделий: Учебник для студентов среднего специального образования*. М.: Академия.

<sup>2</sup> Магомедов, Г. О., Шевакова, Т. А., Мирошниченко, Л. А., Чернышева, Ю. А., & Лесникова, К. А. (2016). РФ Патент № 2603893. *Способ приготовления безглютенового заварного полуфабриката*. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий.

варного полуфабриката<sup>3</sup>, в котором используется смесь из рисовой и кукурузной муки и кукурузного крахмала. При этом в рецептуре остается сливочное масло, что не решает проблемы сокращения насыщенных жирных кислот в изделии.

Новым направлением в получении безглютенового заварного полуфабриката, обогащенного полиненасыщенными жирными кислотами, может стать замена в рецептуре заварного полуфабриката твердого жира на конопляное масло и пшеничной муки на конопляную муку. Известно, что семена конопли обладают уникальным сочетанием питательных и лечебных компонентов (Farinon et al., 2020; Aloo et al., 2022). По данным зарубежных авторов содержание белков в семенах конопли составляет от 24 до 35%, липидов — от 25 до 30% при высокой доле полиненасыщенных жирных кислот и оптимальном соотношении  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 кислот (Farinon et al., 2020; Aloo et al., 2022). В России конопля традиционно высоко ценилась как пищевая масличная и техническая культура. Опыт применения продуктов переработки семян конопли имеется в производстве хлеба (Liliana et al., 2018), макаронных изделий (Teterycz et al., 2021), мучных кондитерских изделий (Гончарова и соавт., 2022) и других пищевых продуктов.

Включение в рецептуру заварного полуфабриката жидкого растительного масла при одновременном изъятии пшеничной муки (следовательно, и клейковины) принципиально видоизменяет структурную основу теста, поэтому представляет собой сложную технологическую задачу. Одним из способов решения этой задачи является использование олеогелляторов, способных структурировать растительные масла, придавая им механическую прочность, реологию и термическое поведение, характерные для твердых жиров (Marangoni & Garti, 2018; Martins et al., 2018; Martins et al., 2022). Другим способом введения жидких масел в мучные изделия, является инкапсуляция или эмульгирование масла в виде коллоидных капсул или эмульсионного геля (Turasan et al., 2015; Li et al., 2020; Lai et al., 2021). Вещество оболочек, называемое «стеновым материалом», имеет, как правило, микрофибрильную структуру, образуемую белково-полисахаридными смесями (БПС).

Ранее авторы работы изучали применение белково-полисахаридных смесей в качестве вспенивающих и эмульгирующих веществ в технологии таких изделий, как конфеты, пряники, шоколадно-ореховая начинка и другие (Монастырский & Васькина, 2018; Васькина и соавт., 2021; Бутин и соавт., 2022). Полученный положительный опыт применения БПС в технологии кондитерских изделий позволил авторам сформулировать гипотезу о возможности получения заварного полуфабриката, включающего продукты переработки семян конопли, при условии использования белково-полисахаридных смесей, обеспечивающих структурообразование жировой и белковой фаз теста.

Целью данного исследования была разработка технологии безглютенового заварного полуфабриката для эклеров и профитролей на основе продуктов переработки семян конопли (масла и муки) и белково-полисахаридных смесей. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- (1) определение состава белково-полисахаридных смесей для капсулирования конопляного масла;
- (2) оценка влияния продуктов переработки семян конопли и природы белка в БПС на физико-химические показатели заварного полуфабриката;
- (3) оценка влияния продуктов переработки семян конопли и природы белка в БПС на органолептические показатели заварного полуфабриката;
- (4) обоснование технологических режимов производства заварного полуфабриката на основе продуктов переработки семян конопли и БПС.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Объекты исследования

Объектами исследования были образцы заварных полуфабрикатов, полученных по традиционной и новой технологии с заменой пшеничной муки на смесь конопляной и рисовой муки, сливочного масла — конопляным маслом и добавлением белково-полисахаридных смесей (БПС). Были ис-

<sup>3</sup> Садыгова, М. К., Фэртдинова, Л. Т., & Гасимова, Г. А. (2020). РФ Патент № 2731283. *Способ приготовления безглютенового заварного полуфабриката*. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова.



пользованы БПС следующего состава: белковая часть — сухая молочная сыворотка (СМС) или изолят белка сои (ИБС), полисахаридная часть — смесь из альгината натрия, пектина и натрий карбоксиметилцеллюлозы. В исследованиях применяли следующее сырье и материалы: муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта; конопляную муку; рисовую муку; масло сливочное; конопляное масло; соль поваренную пищевую; яичный меланж; яичный желток; изолят белка сои; сухую молочную сыворотку; альгинат натрия; пектин; натрий карбоксиметилцеллюлозу; воду питьевую. Все сырье и материалы соответствовали требованиям нормативно-технической документации.

## Оборудование

Лабораторная печь, рентгеновский томограф GM Nanomex 180.

## Методы

В работе применяли общепринятые лабораторные методы исследования свойств сырья и готовых кондитерских изделий. Качество заварного полуфабриката оценивали по физико-химическим (плотность, влажность) и органолептическим (форма, цвет, внешний вид, структура и консистенция, вкус и аромат) показателям.

## Процедура исследования

Лабораторные образцы заварного полуфабриката готовили по традиционной технологии (контроль) и новой технологии (опытные, с добавлением конопляного масла, конопляной и рисовой муки и БПС). Оба способа включали приготовление мучной заварки и теста, формование тестовых заготовок и выпечку. *По традиционной технологии* воду, сливочное масло и соль загружали в емкость и водно-масло-солевой раствор нагревали до кипения, затем в кипящий раствор, продолжая перемешивание, добавляли пшеничную муку для получения мучной заварки и массу охлаждали. Готовую заварку переносили в сбивальную машину, добавляли яичный меланж и смесь взбивали до образования теста, из которого вручную формовали тестовые заготовки. Заварной полуфабрикат выпекали в ла-

бораторной печи в течение 35–47 мин при температуре 190–220<sup>0</sup> С. *По новой технологии* выполняли следующие операции: для приготовления БПС — смешивали ИБС (или СМС) с полисахаридами (альгинат натрия, пектин, натрий карбоксиметилцеллюлозы), добавляли воду и проводили набухание биополимеров БПС. Затем набухший раствор БПС сбивали до образования пенной массы. В пенную массу при сбивании вводили конопляное масло для получения эмульсионного геля (инкапсулированного конопляного масла в оболочках из БПС). После этого эмульсионный гель смешивали с водно-солевым раствором и смесь нагревали до кипения, и, продолжая перемешивание, загружали смесь из конопляной муки (40 %, 50 %, 60 % массы мучной смеси) и рисовой муки (остальное) для получения заварки. Готовую заварку переносили в сбивальную машину, добавляли яичный желток и массу взбивали до образования теста, из которого вручную формовали тестовые заготовки. Заварной полуфабрикат выпекали в лабораторной печи в течение 30–35 мин при температуре 190–220<sup>0</sup> С

Органолептические свойства и плотность готовых изделий определяли в соответствии с ГОСТ 5897–90<sup>4</sup>, влажность — методом ГОСТ 5900–2014<sup>5</sup>.

Структуру стенок заварного полуфабриката анализировали методом рентгеновской томографии на установке GM Nanomex 180. Образцы помещались в пластиковую трубочку, где они практически не деформировались и не искривлялись в процессе вращения для накопления рентгеновских изображений, а сама трубочка являлась прозрачным для рентгеновского излучения материалом.

## Анализ данных

Применяли статистический метод обработки экспериментальных данных, в ходе которого определяли среднее значение искомой величины из 3-х кратной повторности, среднееквадратическое отклонение и доверительный интервал при помощи программного пакета Microsoft Excel.

<sup>4</sup> ГОСТ 5897–90. (2012). *Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей*. М.: Стандартинформ.

<sup>5</sup> ГОСТ 5900–2014. (2019). *Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ*. М.: Стандартинформ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основной проблемой заварного полуфабриката является использование твердого жира и пшеничной муки с высокими требованиями к содержанию клейковины по количеству и качеству. Исходя из материалов научной литературы и опыта предыдущих работ, авторы предложили создание безглютенового заварного полуфабриката на основе продуктов переработки семян конопли. Возможность введения жидкого конопляного масла взамен твердого жира обеспечивали его предварительным капсулированием в оболочки из белково-полисахаридных смесей. Одновременно проверяли гипотезу, что биополимеры БПС могут влиять на структурирование белков конопляной и рисовой муки, формируя основу теста. За счет указанных корректировок в технологии, удалось получить тесто для заварного полуфабриката с необходимыми реологическими свойствами и готовое изделие с большой полостью внутри. В данном разделе представлены результаты исследования физико-химических и органолептических показателей заварного полуфабриката, полученных по новой технологии. Предварительно было установлено, что конопляную муку следует добавлять в смеси с рисовой мукой, поэтому в работе определяли оптимальное соотношение конопляной и рисовой муки в рецептуре изделия. Также анализировали эффективность белкового компонента в составе БПС. Полученные результаты позволили авторам выбрать наилучшую рецептуру заварного полуфабриката, когда качество изделия не уступает традиционному образцу. Учитывая инновационные решения в рецептуре и технологии заварного полуфабриката, авторы провели сравнительные томографические исследования образцов, приготовленных по разным технологиям, и попытались дать теоретическое объяснение процессам формирования структуры изделия в новых условиях.

### Влияние продуктов переработки конопли и природы белка в БПС на физико-химические показатели заварного полуфабриката

Проведены исследования влияния доли конопляной муки в безглютеновой смеси, используемой взамен пшеничной муки, на качество заварного

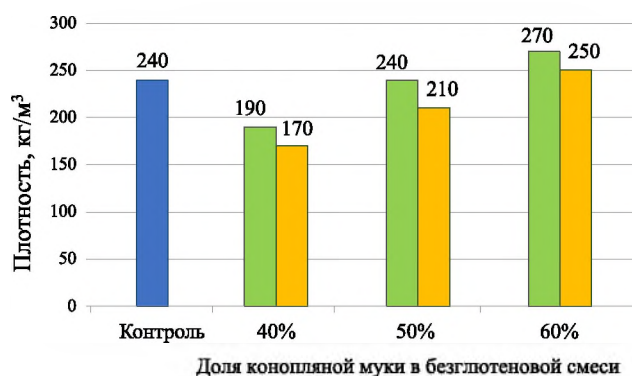
полуфабриката, приготовленного по новой технологии с капсулированным конопляным маслом. Стеновой материал для капсулирования был организован на основе БПС, в которых белками служили изолят белка сои или сухая молочная сыворотка, а полисахаридная часть включала альгинат натрия, пектин и натрий карбоксиметилцеллюлозу.

Доля конопляной муки в безглютеновых смесях составляла 40 %, 50 %, 60 %, остальное — рисовая мука. В качестве контроля служил заварной полуфабрикат, приготовленный по традиционной технологии и рецептуре на пшеничной муке и сливочном масле. Данные по плотности заварных полуфабрикатов, приготовленных по традиционной и новой технологиям, представлены на Рисунке 1.

Из данных Рисунка 1 видно, что плотность заварного полуфабриката, приготовленного по традиционной технологии с применением пшеничной муки и сливочного масла, составила  $240 \text{ кг/м}^3$ . При введении в рецептуру заварного полуфабриката безглютеновой смеси с долей конопляной муки от 40% до 60% и эмульсионного геля в оболочках из БПС на основе молочной сыворотки наблюдается изменение плотности готового изделия в пределах от  $190 \text{ кг/м}^3$  до  $270 \text{ кг/м}^3$ . При замене СМС на изолят белка сои происходит небольшое снижение плотности с  $170 \text{ кг/м}^3$  до  $250 \text{ кг/м}^3$ . Следовательно, белки СМС оказывают более значимое влияние на плотность заварного полуфабриката.

Рисунок 1

Влияние доли конопляной муки в безглютеновой смеси на плотность заварного полуфабриката



Примечание: использованы БПС на основе молочной сыворотки (зеленый цвет) и изолята белка сои (желтый цвет)

ката, чем ИБС. Для получения изделий, близких по плотности к контролю, количество конопляной муки в безглютеновой смеси должно составлять  $50 \pm 5\%$ . Это обеспечивает плотность изделия, равную  $210 \text{ кг/м}^3$  на растительном белке (ИБС) или  $240 \text{ кг/м}^3$  — на животном белке (СМС) в стеновом материале. Получены важные результаты, доказывающие, что в производстве заварного полуфабриката клейковину пшеничной муки можно полностью заменить белками стенового материала, конопляной и рисовой муки.

Экспериментальные данные по содержанию влаги в заварных полуфабрикатах, приготовленных по традиционной и новой технологиям, представлены на Рисунке 2.

Влажность контрольного заварного полуфабриката, приготовленного по традиционной технологии (Рисунок 2), составила 24,0%. При введении в заварной полуфабрикат безглютеновой смеси с долей конопляной муки от 40 % до 60 % и использовании в БПС сухой молочной сыворотки, влажность изделия варьировала в пределах от 24,8% до 26,7%. При замене белка СМС на изолят белка сои отмечалось небольшое повышение влажности — от 25,1% до 29,5%. Следовательно, ИБС оказывает более интенсивное влияние на влажность заварного полуфабриката, чем СМС. Ориентируясь на влажность контрольного образца, приходим к выводу, что содержание конопляной муки в безглютеновой смеси должно составлять

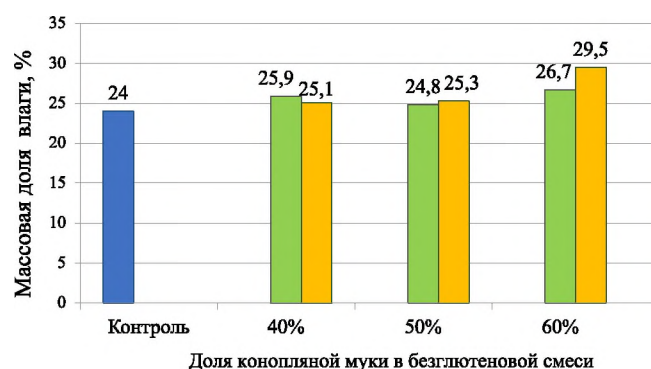
$50 \pm 5\%$ , что по новой технологии обеспечивает влажность изделия 25,1% — на растительном белке (ИБС) и 24,8% — на животном белке (СМС). Сравнивая ИБС и СМС как важнейшие натуральные белки стенового материала и оценивая их влияние на плотность и влажность заварного полуфабриката, можно сделать вывод о большей эффективности СМС.

### Влияние продуктов переработки конопли и природы белка в БПС на органолептические показатели заварного полуфабриката

На следующем этапе проведены исследования влияния конопляной муки и природы белков стенового материала капсулированного конопляного масла на органолептические показатели заварного полуфабриката (вкус, цвет, запах, внешний вид, форма, поверхность и другие). Для органолептической оценки были приготовлены два образца заварного полуфабриката по новой технологии, которые различались природой белка в стеновом материале (ИБС и СМС) для капсулирования конопляного масла. В опытных образцах доля конопляной муки в безглютеновой смеси составляла 50%, остальное — рисовая мука. В качестве контроля использовали заварной полуфабрикат, приготовленный традиционным способом. Контрольный и опытные образцы были предложены потенциальным потребителям для дегустации и оценки органолептических показателей. Результаты органолептической оценки заварного полуфабриката представлены в Таблице 1.

**Рисунок 2**

Влияние доли конопляной муки в безглютеновой смеси на влажность заварного полуфабриката



Примечание: использованы БПС на основе молочной сыворотки (зеленый цвет) и изолята белка сои (желтый цвет).

Данные Таблицы 1 показывают, что образцы заварного полуфабриката, приготовленные по технологии с использованием конопляной муки и капсулированного конопляного масла, получили высокие оценки по органолептическим показателям потенциальными потребителями. Эти изделия отличались более темной окраской поверхности, выраженным приятным вкусом и ароматом, а также гладкой, слегка шероховатой, поверхностью. Такие изменения органолептических свойств можно объяснить более интенсивным протеканием реакции Майяра, которая начинается на стадии капсулирования конопляного масла в термообработанный БПС, а затем продолжается на стадии приготовления мучной заварки и теста, а также на этапе выпечки готового изделия. Внешний вид и поперечный разрез опыт-



**Таблица 1**

Органолептическая оценка заварных полуфабрикатов, приготовленных по традиционной и новой технологии с использованием продуктов переработки конопли

Показатели качества изделия	Коэффициент значимости показателя	Число степеней качества	Оценка в баллах		
			Контроль	Опытные образцы, приготовленные с использованием конопляной муки и конопляного масла, на основе:	
				СМС	ИБС
Форма	1	1–3	2,5	2,6	2,6
Цвет и внешний вид	2	1–3	5,2	5,7	5,5
Структура и консистенция	3	1–3	6,1	6,5	6,4
Вкус и аромат	4	1–3	11,4	11,8	11,6
Суммарная оценка			25,2 ± 1,3	26,6 ± 1,3	26,1 ± 1,3

ных образцов заварного полуфабриката в сравнении с контролем представлены на Рисунке 3. На фотографиях видно, что опытные образцы больше по объему как целого изделия, так и внутренней полости для начинки; также видна более плотная и однородная структура стенки изделия.

Таким образом, введение конопляной муки и капсулированного конопляного масла в оболочках из БПС на основе различных по природе белков, оказывает положительное влияние на органолептические свойства заварного полуфабриката, улучшая цвет, вкус и аромат, форму и внутреннюю геометрию изделия.

### Исследование структуры заварного полуфабриката методом рентгеновской томографии

Для объективной оценки изменения структуры заварного полуфабриката проводили томографические анализы структуры заварного полуфабриката на томографе GM Nanomex 180. В рамках работы были исследованы с помощью метода рентгеновской томографии три образца заварного полуфабриката — контрольный и два опытных. На Рисунке 4 показан срез томографического изображения образца, изготовленного по традиционной технологии и рецептуре. Можно увидеть, что в заварном

**Рисунок 3**

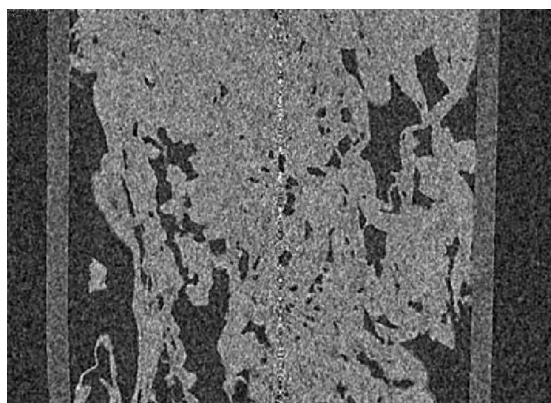
Внешний вид и разрез безглютеновых заварных полуфабрикатов, приготовленных по новой технологии с использованием конопляной муки и эмульсионного геля, в оболочках из БПС на основе изолята белка сои (В) и сухой молочной сыворотки (С), в сравнении с контролем (А).





**Рисунок 4**

Срез томографического изображения заварного полуфабриката, приготовленного по традиционной технологии и рецептуре



полуфабрикате содержатся поры несферической формы.

На Рисунке 5 показаны срезы томографического изображения заварных полуфабрикатов, приготовленных по новой технологии с использованием в стеновом материале БПС на основе сухой молочной сыворотки (Рисунок 5А) и изолята белка сои (Рисунок 5В).

Так как образцы заварного полуфабриката являются мягким материалом и для помещения в трубки

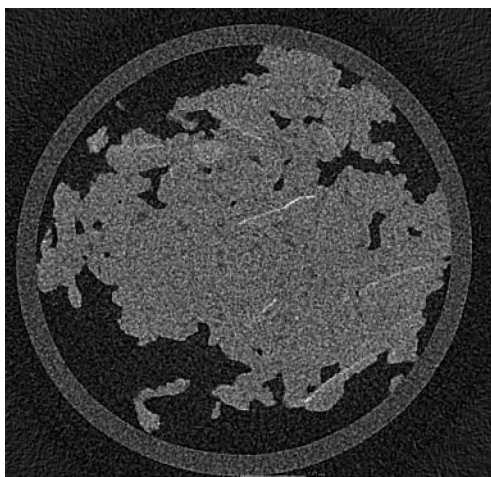
томографа были деформированы, то определение пористости не могло быть корректной величиной для измерения из-за изменения объема пор при деформации. В каждом образце можно увидеть уединенные, не связанные между собой небольшие поры, формирующие так называемую несвязную пористость, поэтому представлялось корректным определить количество таких несвязных пор в единице объема материала образцов.

В результате обработки полученных томографических изображений было определено, что в контрольном образце несвязных пор находится 14,5 шт. на кубический миллиметр, в образце с использованием в стеновом материале БПС на основе СМС — 2,29 шт. на кубический миллиметр, в образце — БПС на основе ИБС — 1,66 шт. на кубический миллиметр. Видно резкое уменьшение количества пор в образцах заварного полуфабриката по новой технологии, по сравнению с традиционной. Это указывает на уплотнение стенки изделия.

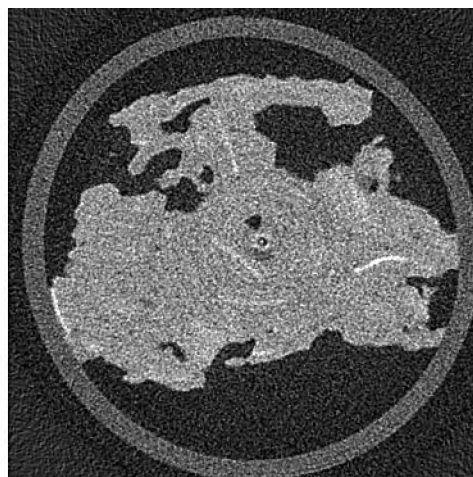
Белки муки и меланжа являются главными структурно-строительными материалами, которые обеспечивают образование полости внутри заварного полуфабриката **по традиционной технологии**. На стадии получения мучной заварки, когда в кипящий водно-масло-солевой раствор при перемешивании добавляют муку, происходит набухание биополимеров муки, при этом набухшие

**Рисунок 5**

Срез томографического изображения безглютеновых заварных полуфабрикатов, приготовленных по новой технологии и рецептуре



А



В

Примечание: использованы БПС на основе молочной сыворотки (А) и изолята белка сои (В)

зерна крахмала переходят в состояние клейстера, а белки пшеничной муки подвергаются денатурации и из глобулярной структуры разворачиваются в длинные гибкие фибриллы. На следующей стадии получения теста, когда в охлажденную мучную заварку при сбивании вводится меланж, происходит формирование из белков яйца амилоидных фибрилл. При этом ранее сформированные фибриллы из белков муки также оказывают влияние на доступные аминокислотные последовательности, склонные к агрегированию и образованию фибрилл из белков яйца. Процессы образования белковых фибрилл пшеничной муки и амилоидных фибрилл яичных белков были исследованы в модельных системах и описаны К. Янсенс с сотрудниками (Jansens et al., 2019). В ряде работ также сообщалось, что пшеничный глютен и другие растительные белки могут формировать волокнистые структуры с амилоидными фрагментами, обладающие функциональными свойствами, применимыми в пищевых технологиях (Cao & Mezzenga, 2019; Meng et al., 2022). Следует отметить, что соль и сливочное масло также сосредоточены на формирование длинных, гибких фибрилл из белков муки и яйца. Так, соль повышает температуру кипения водно-масло-солевого раствора, что улучшает термообработку белков муки, а сливочное масло в водно-солевом растворе образует эмульсию, что совершенствует процесс разворачивания и вытягивания белков муки и яйца в эластичные фибриллы. Таким образом, дисперсная система теста для заварного полуфабриката представляет собой прямую эмульсию, в которой сплошной средой является крахмальный клейстер, а дисперсной фазой — капельки масла, белковые фибриллы и полисахариды муки и меланжа.

Основными структурно-строительными материалами, которые участвуют в образовании полости внутри заварного полуфабриката **по новой технологии** являются белки конопляной и рисовой муки и протеины БПС. Основываясь на полученных в настоящей работе экспериментальных данных и выводах, сформулированных научной группой К. Янсенса (Jansens et al., 2019), авторы предлагают следующую модель образования структуры изделия. На стадии приготовления БПС изолят белка сои (или СМС) смешивают с водой и полисахаридами (альгинат натрия, пектин, натрий карбоксиметилцеллюлоза) для термообработки и набухания биополимеров. После набухания раствор БПС сбивают

до получения пенной массы. Затем в пенную массу вводят конопляное масло и при сбивании получают эмульсионный гель (капсулированное конопляное масло в оболочках из БПС). При этом белки ИБС (или СМС) образуют амилоидные фибриллы. Далее эмульсионный гель нагревают до кипения, добавляют соль, смесь конопляной и рисовой муки для получения заварки. При перемешивании происходит разворачивание и вытягивание глобулярных белков конопляной и рисовой муки в эластичные фибриллы. Амилоидные фибриллы из белков БПС также оказывают влияние на доступные аминокислотные последовательности, склонные к агрегированию для белков конопляной и рисовой муки. На следующей стадии охлажденную заварку смешивают с желтком яйца для получения теста. Таким образом, дисперсная система теста для заварного полуфабриката по новой технологии представляет собой также прямую эмульсию, в которой сплошной средой являлись не только крахмальный клейстер, но и полисахаридный гель БПС, а дисперсной фазой — капельки масла, белковые фибриллы из конопляной, рисовой муки и белковой основы БПС. Изменения в дисперсной системе теста для заварного полуфабриката по традиционной и новой технологиям хорошо отражаются в структуре стенок на снимках с томографа.

## ВЫВОДЫ

Решена задача создания технологии безглютенового заварного полуфабриката для эклеров и профитролей, обогащенного питательными и биологически активными веществами продуктов переработки семян конопли. В результате проведенных исследований получены новые научные данные о функциональных свойствах продуктов переработки конопли и белково-полисахаридных смесей, играющих важную роль в производстве заварного полуфабриката для эклеров профитролей. Согласно разработанной технологии пшеничную муку полностью заменяют безглютеновой смесью из конопляной и рисовой муки в соотношении 50:50, а вместо твердого животного жира вносят конопляное масло, капсулированное в оболочки из белково-полисахаридных смесей. Установлен оптимальный состав БПС — белок получают из сухой молочной сыворотки (преимущественный вариант) или изолята белка сои, а полисахариды представлены комбинацией из альгината натрия,

пектина, натрий карбоксиметилцеллюлозы. Изделия, приготовленные на основе продуктов переработки конопли и БПС, имеют сформированную внутреннюю полость для начинки и характеризуются высокими органолептическими свойствами. В результате исследования структуры заварного полуфабриката методом рентгеновской томографии показано снижение количества несвязных пор в стенке корпуса изделия при переходе на новую технологию; благодаря этому стенка становится более однородной, плотной, формируется изделие правильной формы с гладкой поверхностью. Полученные результаты имеют прикладное значение, их можно использовать в промышленности, а также они расширяют сырьевые ресурсы растительного сырья для производства кондитерских изделий.

## АВТОРСКИЙ ВКЛАД

**Васькина Валентина Андреевна** — формулирование идеи; Разработка или проектирование методологии исследования, подготовка и создание рукописи, её комментирование или пересмотр.

**Шаршунов Вячеслав Алесеевич** — создание модели исследования; проведение экспериментов.

**Машкова Ирина Анатольевна** — проведение экспериментов; визуализация/представление данных.

**Быков Александр Андреевич** — проведение экспериментов.

**Щеголева Ирина Дмитриевна** — проведение экспериментов; подготовка и создание черновика рукописи, в частности написание первоначального текста рукописи.

## ЛИТЕРАТУРА

- 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/spfp.2022.303>
- 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>
- Гончарова, А. А., Ушаповский, В. И., & Миневич, И. Э. (2022). Влияние продуктов переработки семян конопли на потребительские свойства мучных кондитерских изделий. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (3), 120–133. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.291>
- Монастырский, В. Е., & Васькина, В. А. (2018). Использование инкапсулированного растительного масла в производстве молочных конфет. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, (9–10), 62–64.
- Aljada, B., Zohni, A., & El-Matary, W. (2021). The gluten-free diet for celiac disease and beyond. *Nutrients*, 13(11), Article 3993. <https://doi.org/10.3390/nu13113993>
- Aloo, S. O., Godfrey Mwit, G., Ngugi, L.W., & Oh, D. (2022). Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new-age perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022, Article 2149468. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2149468>
- Caio, G., Volta, U., Sapone, A., Leffler, D. A., de Giorgio, R., Catassi, C., Fasano, A. Celiac disease: A comprehensive current review. *BMC Medicine*, 17(1), Article 142. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1380-z>
- Cao, Y., & Mezzenga, R. (2019). Food protein amyloid fibrils: Origin, structure, formation, characterization, applications and health implications. *Advances in colloid and interface science*, 269, 334–356. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.05.002>
- Djuricic, I., & Calder, P. C. (2021). Beneficial outcomes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids on human health: An update for 2021. *Nutrients*, 13(7), Article 2421. <https://doi.org/10.3390/nu13072421>
- Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L., & Merendino, N. (2020). The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients*, 12(7), Article 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
- Ghazani, M. S., & Marangoni, A. G. (2016). Healthy fats and oils. In Wrigley, C., Corke, H., Seetharaman, K., Faubion, J. (Eds.) *Encyclopedia of food grains* (pp. 257–267). Oxford: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.00100-1>
- Jansens, K. J., Lambrecht, M. A., Rombouts, I., Monge Morea, M., Brijs, K., Rousseau, F., Schymkowitz, R. J., & Delcour, J. A. (2019). Conditions governing food protein amyloid fibril formation—Part I: Egg and cereal proteins. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18(4), 1256–1276. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12462>



- 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>
- Leonard, M. M., Sapone, A., Catassi, C., & Fasano, A. (2017). Celiac disease and nonceliac gluten sensitivity: A review. *Jama*, 318(7), 647–656. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.9730>
- 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>
- Liliana, B. C., Livia, A., & Laura, M. (2018). Effects of hemp flour, seeds and oil additions on bread quality. *Journal of Engineering and Applied Science*, 8, 73–78. <https://doi.org/10.9790/9622-0805037378>
- 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., Pastana, L. M., & Cerqueira, M. A. (2022). Gelation behavior and stability of multicomponent sterol-based oleogels. *Gels*, 8(1), Article 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>
- Meng, Y., Wei, Z., & Xue, C. (2022). Protein fibrils from different food sources: A review of fibrillation conditions, properties, applications and research trends. *Trends in Food Science & Technology*, 121, 59–75. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.031>
- Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354(15), 1601–1613. <https://doi.org/10.1056/NEJMra054035>
- Patel, A. R., Nicholson, R. A., & Marangoni, A. G. (2020). Applications of fat mimetics for the replacement of saturated and hydrogenated fat in food products. *Current Opinion in Food Science*, 33, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.12.008>
- Šmídová, Z., & Rysová, J. (2022). Gluten-free bread and bakery products technology. *Foods*, 11(3), Article 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
- Tan, C., & McClements, D. J. (2021). Application of advanced emulsion technology in the food industry: A review and critical evaluation. *Foods*, 10(4), Article 812. <https://doi.org/10.3390/foods10040812>
- Teterycz, D., Sobota, A., Przygodzka, D., & Łysakowska, P. (2021). Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) enriched pasta: Physicochemical properties and quality evaluation. *Plos One*, 16(3), Article e0248790. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248790>
- 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>
- Zárate, R., el Jaber-Vazdekis, N., Tejera, N., Pérez, J. A., & Rodríguez, C. (2017). Significance of long chain polyunsaturated fatty acids in human health. *Clinical and translational medicine*, 6(1), Article e25. <https://doi.org/10.1186/s40169-017-0153-6>

## REFERENCES

- Butin, S. A., Vaskina, V. A., & Shchegoleva, I. D. (2022). Vliyanie polisakharidnogo kompleksa v stenovom materiale emul'sionnogo gelya na kachestvo shokoladno-orekhovoi nachinki dlya konditerskikh izdelii [The effect of the polysaccharide complex in the emulsion gel wall material on the quality of chocolate-nut filling for confectionery]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (2), 173–187. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.303>
- Goncharova, A. A., Ushchapovskii, V. I., & Minevich, I. E. (2022). Vliyanie produktov pererabotki semyan konopli na potrebitel'skie svoystva muchnykh konditerskikh izdelii [The influence of hemp seed processing products on the consumer properties of flour confectionery products]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (3), 120–133. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.291>
- Monastyrskii, V. E., & Vaskina, 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.
- Vaskina, V. A., Kandrov, R. Kh., & Khaidar-Zade, L. N. (2021). Issledovanie vliyaniya amarantovoi muki i stenovogo materiala inkapsulirovannogo orekhovogo masla na kachestvo syrtsovykh pryanykov [Investigation of the influence of amaranth flour and the wall material of encapsulated nut butter on the quality of raw gingerbread]. *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Agricultural Sciences], 59(2), 243–254. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-2-243-254>
- Aljada, B., Zohni, A., & El-Matary, W. (2021). The gluten-free diet for celiac disease and beyond. *Nutrients*, 13(11), Article 3993. <https://doi.org/10.3390/nu13113993>
- Aloo, S. O., Godfrey Mwiti, G., Ngugi, L.W., & Oh, D. (2022). Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new-age perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022, Article 2149468. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2149468>



- Caio, G., Volta, U., Sapone, A., Leffler, D. A., de Giorgio, R., Catassi, C., Fasano, A. Celiac disease: A comprehensive current review. *BMC Medicine*, 17(1), Article 142. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1380-z>
- Cao, Y., & Mezzenga, R. (2019). Food protein amyloid fibrils: Origin, structure, formation, characterization, applications and health implications. *Advances in colloid and interface science*, 269, 334–356. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.05.002>
- Djuricic, I., & Calder, P. C. (2021). Beneficial outcomes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids on human health: An update for 2021. *Nutrients*, 13(7), Article 2421. <https://doi.org/10.3390/nu13072421>
- Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L., & Merendino, N. (2020). The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients*, 12(7), Article 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
- Ghazani, M. S., & Marangoni, A. G. (2016). Healthy fats and oils. In Wrigley, C., Corke, H., Seetharaman, K., Faubion, J. (Eds.) *Encyclopedia of food grains* (pp. 257–267). Oxford: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.00100-1>
- Jansens, K. J., Lambrecht, M. A., Rombouts, I., Monge Morera, M., Brijs, K., Rousseau, F., Schymkowitz, R. J., & Delcour, J. A. (2019). Conditions governing food protein amyloid fibril formation—Part I: Egg and cereal proteins. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18(4), 1256–1276. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12462>
- 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>
- Leonard, M. M., Sapone, A., Catassi, C., & Fasano, A. (2017). Celiac disease and nonceliac gluten sensitivity: A review. *Jama*, 318(7), 647–656. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.9730>
- 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>
- Liliana, B. C., Livia, A., & Laura, M. (2018). Effects of hemp flour, seeds and oil additions on bread quality. *Journal of Engineering and Applied Science*, 8, 73–78. <https://doi.org/10.9790/9622-0805037378>
- 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., Pastana, L. M., & Cerqueira, M. A. (2022). Gelation behavior and stability of multicomponent sterol-based oleogels. *Gels*, 8(1), Article 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>
- Meng, Y., Wei, Z., & Xue, C. (2022). Protein fibrils from different food sources: A review of fibrillation conditions, properties, applications and research trends. *Trends in Food Science & Technology*, 121, 59–75. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.031>
- Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354(15), 1601–1613. <https://doi.org/10.1056/NEJMra054035>
- Patel, A. R., Nicholson, R. A., & Marangoni, A. G. (2020). Applications of fat mimetics for the replacement of saturated and hydrogenated fat in food products. *Current Opinion in Food Science*, 33, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.12.008>
- Šmídová, Z., & Rysová, J. (2022). Gluten-free bread and bakery products technology. *Foods*, 11(3), Article 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
- Tan, C., & McClements, D. J. (2021). Application of advanced emulsion technology in the food industry: A review and critical evaluation. *Foods*, 10(4), Article 812. <https://doi.org/10.3390/foods10040812>
- Teterycz, D., Sobota, A., Przygodzka, D., & Łysakowska, P. (2021). Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) enriched pasta: Physicochemical properties and quality evaluation. *Plos one*, 16(3), Article e0248790. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248790>
- 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>
- Zárate, R., el Jaber-Vazdekis, N., Tejera, N., Pérez, J. A., & Rodríguez, C. (2017). Significance of long chain polyunsaturated fatty acids in human health. *Clinical and translational medicine*, 6(1), Article e25. <https://doi.org/10.1186/s40169-017-0153-6>