

УДК 665.939.14

Разработка рецептур функциональных мучных кондитерских изделий с использованием альтернативных белковых компонентов

Д. А. Иванова*, Е. В. Тарабанова

*Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия;

e-mail: iva_dasha@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8400-1455>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
01.04.2025;

получена
после доработки
29.04.2025;

принята
к публикации
15.05.2025

Ключевые слова:

функциональные
пищевые продукты,
альтернативный белок,
растительный белок,
бобовые культуры,
аквафаба,
бисквит

Тема поиска альтернативных источников белка является актуальной во всем мире по целому ряду причин: дефицит пищевого белка, аллергии на определенные виды белка, опасность животноводства для экологии, рост популярности вегетарианства и веганства, рост численности представителей определенных религиозных конфессий. В качестве замены традиционному животному белку часто рассматривают растительные белки, особенно белки зерновых и зернобобовых культур. Из последних сообществ вегетарианцев и веганов было получено вещество, по своим физическим свойствам схожее с белком яйца – аквафаба. Она представляет собой отвар или заливочную жидкость консервов из бобовых культур. В статье представлена разработка рецептур мучных кондитерских изделий с использованием аквафабы фасоли в качестве альтернативы белка куриного яйца. При составлении первой рецептуры яичный белок заменяли аквафабой на 50 %, во второй рецептуре – на 100 %. В качестве функционального ингредиента в рецептуру ввели морковный порошок как источник пищевых волокон. В результате опытов установлено, что оптимальное качество готовой продукции достигается при введении в состав 50 % аквафабы. Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели бисквита с аквафабой соответствуют требованиям нормативной документации.

Для цитирования

Иванова Д. А. и др. Разработка рецептур функциональных мучных кондитерских изделий с использованием альтернативных белковых компонентов. Вестник МГТУ. 2025. Т. 28, № 2. С. 164–174. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-2-164-174>.

Modeling of flour confectionery recipes using alternative functional components

Darya A. Ivanova*, Evgeniya V. Tarabanova

*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia;

e-mail: iva_dasha@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8400-1455>

Article info

Received
01.04.2025;

received
in revised form
29.04.2025;

accepted
15.05.2025

Key words:

functional food
products,
alternative protein,
vegetable protein,
legumes,
aquafaba,
biscuit

Abstract

Finding alternative sources of protein is topical worldwide for a number of reasons: deficiency of dietary protein, allergies to certain types of protein, environmental hazards of animal agriculture, the growing popularity of vegetarianism and veganism, and the growing number of representatives of certain religious denominations. Plant proteins, especially proteins from cereals and legumes, are often considered as a substitute for traditional animal protein. From the latter, the vegetarian and vegan community has produced a substance similar in physical properties to egg white – aquafaba. It represents a decoction or pouring liquid of canned legumes. The paper presents the development of recipes of flour confectionery products with the use of aquafaba beans as an alternative to the protein of chicken eggs. In the first formulation, egg white was replaced with aquafaba by 50 %, in the second formulation – by 100 %. As a functional ingredient, carrot powder has been introduced into the formulation as a source of dietary fiber. As a result of experiments it has been found that the optimal quality of the finished product is achieved when 50 % aquafaba is introduced into the composition. Organoleptic, physicochemical and microbiological indicators of biscuits with aquafaba meet the requirements of regulatory documentation.

For citation

Ivanova, D. A. et al. 2025. Modeling of flour confectionery recipes using alternative functional components. *Vestnik of MSTU*, 28(2), pp. 164–174. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-2-164-174>.

Введение

Продовольственная безопасность обеспечивается устойчивыми продовольственными системами. В последних белок играет жизненно важную роль, поскольку он выполняет в организме человека множество функций: является источником энергии, строительным материалом, входит в состав ферментов и гормонов и многое другое (Величко и др., 2022; Бурак и др., 2024). В настоящее время человечество продолжает бороться со всемирным дефицитом белка (Герасимов, 2024). Численность населения нашей планеты с каждым годом неизбежно растет, а обеспечить людей пищей, богатой полноценными белками, становится сложнее (Фоменко, 2021).

Тема поиска альтернативных источников пищевого белка становится все актуальнее. Это связано с целым рядом причин: рост численности населения, недоступность животного белка для малообеспеченных слоев общества, влияние животноводства на экологию, пищевые аллергии на отдельные виды животных белков, увеличение популярности вегетарианства и веганства и др. (Степищ, 2023; Гостюхин и др., 2022). Поиск новых источников полноценных белков проводится в различных направлениях – от использования традиционных растительных белков до получения белка из насекомых и микроорганизмов (Сутула и др., 2023; Борисова, 2021; Прохода и др., 2024).

Одним из наиболее многообещающих альтернативных источников белка, изучаемых с помощью пищевых технологий, является белок растительного происхождения. Подобного рода белки получают из различных растений, таких как соевые бобы, горох, чечевица и нут (Черникова и др., 2018; Мирзаев и др., 2023). Среди растительных белков одними из наиболее полноценных по аминокислотному составу считаются белки бобовых культур, валовый сбор которых неуклонно растет (Полухин и др., 2022). Зернобобовые растения содержат большое количество незаменимых аминокислот, особенно лизина и лейцина (табл. 1), необходимых для формирования иммунитета, построения и развития мышечных тканей (Радионова и др., 2020).

Таблица 1. Содержание белка и незаменимых аминокислот в различных видах бобовых культур
(Радионова и др., 2020)

Table 1. Protein and essential amino acids content in different types of legumes (Radionova et al., 2020)

Виды бобовых культур	г/100 г	мг/100 г									
	Белки	Trp	Ile	Val	Leu	Thr	Lys	Met	Phe	Arg	His
Люпин	36,2	289	161,5	151	274,3	133,1	193,3	25,5	143,5	387,7	103
Соевые бобы	34,9	654	1643	1737	2750	1506	2183	679	1696	2611	1020
Чечевица	24,0	220	1020	1270	1890	960	1720	290	1250	2050	710
Маш	23,5	260	1008	1010	1847	782	1664	286	1443	1672	695
Фасоль	21,0	260	1030	1120	1740	870	1590	240	1130	1120	570
Горох	20,5	260	1090	1010	1650	840	1550	210	1010	1620	460
Нут	20,1	200	882	865	1465	766	1377	270	1103	1939	566

Изучение белков бобовых началось еще в XIX в. с работ Томаса Берра Осборна и его коллег (Бельшикина, 2018). В 2014 г. при попытке использования жидкости консервированного нута для приготовления вегетарианской меренги, французским вегетарианцем Жоэлем Росселем было открыто новое вещество – аквафаба.

Аквафаба (от лат. aqua – вода, faba – боб) – это название вязкой жидкости, получаемой в результате варки зерен бобовых культур (Serventi, 2020). Аквафаба является широко используемой в домашней кулинарии заменой яичного белка: 30–40 мл отвара бобовых используют вместо белка 1 куриного яйца. При взбивании аквафаба превращается в плотную белую пену – такую же, как при взбивании белка яиц (Рязанцева и др., 2022; Huang et al., 2022). Обладая такими функциональными свойствами, как пенообразование, эмульгирование, стабилизация и загущение, аквафаба находит применение в приготовлении многих пищевых продуктов: муссов, майонезов, масла, безе, бисквитов и т. д. (Fuentes Choya et al., 2023).

На сегодняшний день известно несколько видов аквафабы:

- порошковая;
- полученная при отваривании зерен бобовых культур;
- полученная из консервированных бобовых культур.

Использование последней является примером развития безотходного производства, поскольку ранее эта часть консервов считалась бесполезной и утилизировалась.

Многие годы исследования растительного белка проводились исключительно на сое. Другие бобовые культуры, несмотря на широкое применение, долгое время не подвергались тщательному изучению

(Белышкина, 2018; Синеговский, 2024). В Европе первой была открыта аквафаба нута, и большая часть зарубежных рецептов также используют жидкость именно из этой консервированной культуры. Если говорить о промышленных масштабах, то порошковая аквафаба сегодня также производится из нута. Однако в России широко распространены такие бобовые, как горох и фасоль. По химическому составу эти культуры, также как и нут, сопоставимы с белком куриного яйца (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав белка куриного яйца и отдельных видов аквафабы бобовых культур
(Ларькина и др., 2023)

Table 2. Chemical composition of protein of hen egg and some species of legume aquafaba
(Larkina et al., 2023)

Показатель	Содержание			
	Яичный белок	Аквафаба гороха	Аквафаба фасоли	Аквафаба нута
Белки, г	11,1	2,75	6,1 г	6,3
Жиры, г	0,2	–	–	–
Углеводы, г	1,0	5,3	14,9	15,8
Дубильные в-ва, %	3,2	3,2	3,2	3,2
Витамин К1, %	–	2,1	0,1	4,0
Витамины группы В, %	3	4,2	0,8	0,2
β-каротин, %	–	0,1	0,2	4,0
Калий, %	6,1	11,0	0,4	3,0
Кальций, %	1,0	4,7	1,5	2,5
Магний, %	2,3	8,3	2,5	5,3
Железо, %	0,8	8,2	0,6	3,2
Марганец, %	–	16,0	0,5	10,0
Медь, %	5,2	16,0	1,0	5,0
Цинк, %	1,9	4,7	8,3	1,7
Кобальт, %	10	0,1	10,0	0,1

Однако в настоящее время в России и странах СНГ на полках магазинов практически полностью отсутствуют продукты на основе или с использованием аквафабы. Это связано с неосведомленностью производителей о существовании данного вида сырья, его технологических свойствах и перспективах использования. Последние несколько лет увеличилось количество русскоязычных научных статей, посвященных исследованию аквафабы, получаемой различными способами и из различных видов бобовых культур. При этом тема все еще является малоизученной, что обуславливает научную новизну данного исследования. Необходимо большее количество данных об аквафабе как сырье и продуктах на ее основе для дальнейшего внедрения аквафабы в пищевую промышленность.

Помимо альтернативных источников белка трендовым направлением в пищевой индустрии на сегодняшний день являются функциональные продукты питания. Функциональные продукты питания – это пищевые продукты, обогащенные дополнительными ингредиентами, обладающими научно обоснованными и подтвержденными свойствами и предотвращающими или восполняющими имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, что способствует сохранению и улучшению здоровья населения (Снегирева, 2021).

Физиологически функциональный пищевой ингредиент – это вещество или комплекс веществ животного, растительного, микробиологического, минерального происхождения или идентичные натуральным, а также живые микроорганизмы, входящие в состав функционального пищевого продукта в количестве от 10 до 15 % от суточной физиологической потребности в расчете на одну порцию продукта. Они обладают способностью благоприятно воздействовать на организм человека, помогая лучше усваивать те или иные полезные вещества, попадающие в организм вместе с пищей (Морева, 2020). К физиологически функциональным пищевым ингредиентам относят пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, полиненасыщенные жирные кислоты, пробиотики, пребиотики или синбиотики.

В настоящее время установлено, что в рацион питания человека помимо основных пищевых веществ должны быть включены балластные вещества: клетчатка, гемицеллюлоза, пектин, которые являются физиологически важными компонентами пищи. Особое место в рациональном питании человека отводится неусвояемым углеводам – пищевым волокнам, которые играют важную роль в процессе пищеварения и обмена веществ в целом, а также оказывают влияние на развитие нормальной кишечной микрофлоры. Пищевые волокна могут быть получены из различного овощного сырья путем его измельчения и высушивания (Мазалевский и др., 2023; Дроздов и др., 2019). В данной работе будет использован порошок моркови.

Таблица 3. Химический состав сушеной моркови (*Химический...*, 1987)
Table 3. Chemical composition of dried carrots (*Chemical...*, 1987)

Показатель	Содержание
Вода, г/100 г	14,0 г
г/100 г сухих веществ	
Белки	7,8 г
Жиры	0,6 г
Углеводы	49,2 г
Клетчатка	7,2 г
Минеральные вещества, мг/100 г сухих веществ	
Na	59,0 мг
K	967,0 мг
Ca	105,0 мг
Mg	56,0 мг
P	294,0 мг
Fe	3,0 мг
Витамины, мг/100 г сухих веществ	
β-каротин	40,0 мг
Тиамин (B1)	0,12 мг
Рибофлавин (B2)	0,3 мг
Ниацин (PP)	2,6 мг
Витамин С	10,0 мг
Энергетическая ценность на 100 г, ккал	
226	

Помимо содержания клетчатки пищевая ценность моркови обусловлена высоким содержанием углеводов, пищевых волокон, минеральных элементов и т. д. Отмечается особенно высокое содержание в моркови калия, кальция и фосфора (табл. 3), играющих большую роль в работе сердечно-сосудистой и опорно-двигательной систем организма. Бета-каротин обладает антиканцерогенными, антимутагенными, антиоксидантными, радиопротекторными, иммуномодулирующими, противовоспалительными и антитоксическими свойствами (*Ачмиз и др.*, 2023). Морковь является практически идеальной культурой, для нее характерна высокая урожайность корнеплодов, неприхотливость к условиям возделывания, стойкость к болезням и вредителям (*Толстомятова*, 2016).

Материалы и методы

Исследования проведены на базе лабораторий кафедры технологии пищевых производств и индустрии питания Новосибирского государственного аграрного университета (НГАУ).

Объектами исследований являлись образцы кондитерских изделий (бисквит), изготавливаемые с использованием морковного порошка "Порошок моркови столовой сушеной" торговой марки Mageric и аквафабы консервированной красной и белой фасоли марки "Красная цена" (рис. 1).



Рис. 1. Образцы аквафабы, используемые в исследованиях
Fig. 1. Aquafaba samples used in the research

Изготавливали контрольные и опытные образцы по стандартной технологии бисквитного полуфабриката в соответствии со "Сборником рецептов мучных, кондитерских и булочных изделий"¹.

¹ Сборник рецептов мучных, кондитерских и булочных изделий / сост. А. В. Павлов. СПб. : Профи, 2012. 296 с.

Оценка органолептических показателей проводилась по 5-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 31986-2012² "Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания".

Массовую долю влаги и сухих веществ высушиванием определяли согласно ГОСТ 5900-2014³ "Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ в сушильном шкафу ШСВ-250-01".

Определение кислотности титрованием проводилось согласно требованиям ГОСТ 5898-2022⁴ "Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности".

Пищевую и энергетическую ценности рассчитывали по стандартной формуле.

Результаты и обсуждение

В рецептурах опытных образцов производили замену 50 и 100 % яичного белка и желтка на аквафабу красной или белой фасоли.

Рецептуры бисквитов были рассчитаны на 1 кг готового теста (табл. 4). Основными компонентами рецептуры бисквитного теста являлись мука, сахар, яйцо. Функциональная добавка – порошок моркови – был введен в рецептуру в количестве не менее 15 % от суточной физиологической потребности пищевых волокон согласно требованиям ГОСТ Р 52349-2005⁵ "Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения".

Таблица 4. Модельные рецептуры бисквита с использованием аквафабы

Table 4. Model biscuit recipes using aquafaba

Сырье	Масса сырья, нетто, г				
	Контроль	Опыт 1 (50 % яйцо + 50 % а/ф красной фасоли)	Опыт 2 (100 % а/ф красной фасоли)	Опыт 3 (50 % яйцо + 50 % а/ф белой фасоли)	Опыт 4 (100 % а/ф белой фасоли)
Мука пшеничная	296,1	296,1	296,1	296,1	296,1
Яйцо (белок)	251,5	110,55	–	110,55	–
Яйцо (желток)	88,6	59,5	–	59,5	–
Аквафаба	–	170,05	340,1	170,05	340,1
Соль	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Сахар-песок	352,3	342,3	342,3	342,3	342,3
Морковный порошок	–	10,0	10,0	10,0	10,0
Разрыхлитель	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
Выход	1000	1000	1000	1000	1000

На рис. 2 представлены технологические схемы для производства бисквита с полной и частичной заменой животного белка растительным. При частичной замене куриного яйца аквафаба взбивается в течение 2 мин, отдельно взбивается желток, к которому параллельно добавляется сахар и соль. При частичной замене куриного яйца аквафаба взбивается в течение 2 мин, отдельно взбивается желток, к которому параллельно добавляется сахар и соль. Обе смеси аккуратно объединяются, постепенно добавляется просеянную муку с разрыхлителем и морковный порошок, перемешивается до однородной консистенции. Тесто раскладывают в формы, предварительно смазанные маслом или выстланные бумагой, и выпекают при температуре 160 °С в течение 25 мин. Готовые изделия охлаждают до температуры 25 °С.

При проведении органолептической оценки (рис. 3) установили, что образцы 1 и 3 с заменой яйца на 50 % аквафабой красной или белой фасолью получили максимальное среднее количество баллов 4,75, у данных образцов отмечено отсутствие яичного привкуса. Образцам 2 и 4 была снижена оценка (3,75) по показателям внешний вид и консистенция, поскольку изделия недостаточно поднялись при выпекании, вследствие чего отсутствовала характерная выпуклая поверхность на изделиях, а также присутствовало послевкусие бобовых, тесто недостаточно пропеклось, мякиш имел липкую консистенцию.

² ГОСТ 31986-2012. Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/54760/?ysclid=maxkh0y69h923663274>.

³ ГОСТ 5900-2014. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ в сушильном шкафу ШСВ-250-01. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/59225/?ysclid=maxkl0sq5n99044403>.

⁴ ГОСТ 5898-2022. Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/78162/?ysclid=maxklxqp5g392406406>.

⁵ ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/2161/?ysclid=maxknrug9t810833098>.

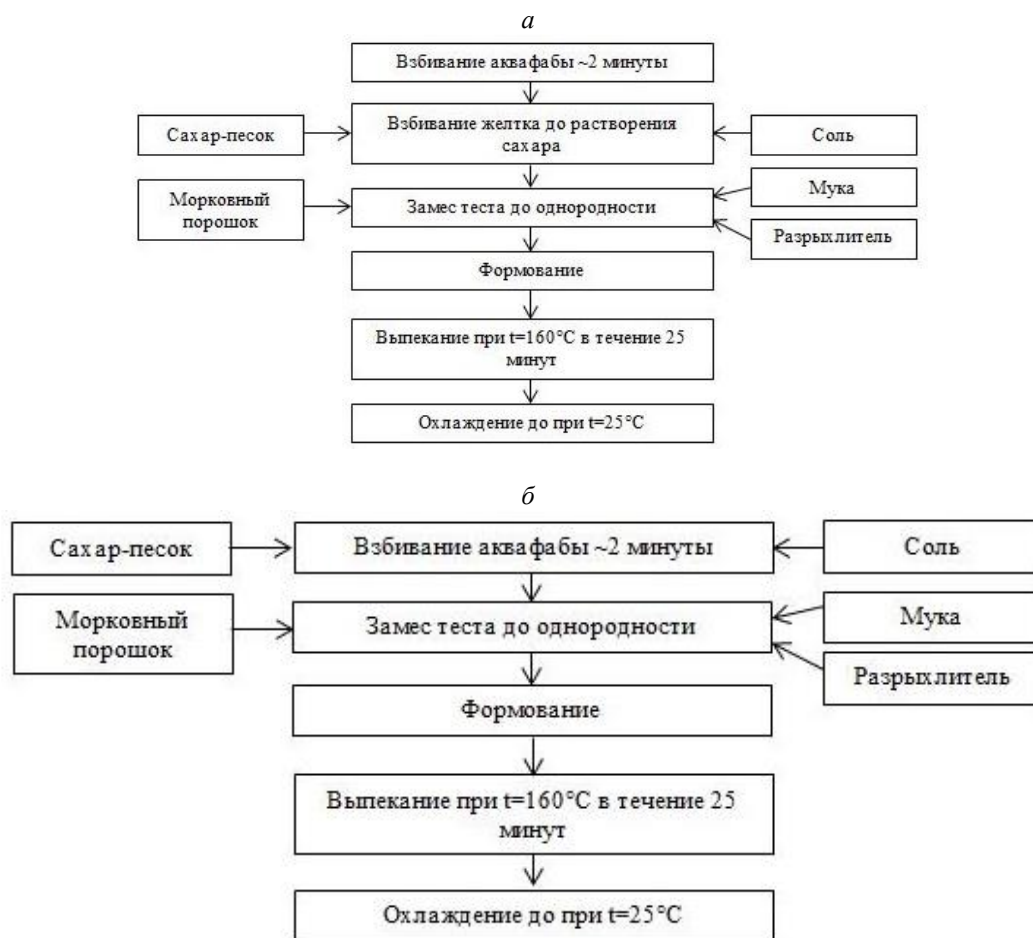


Рис. 2. Технологическая схема приготовления бисквита с заменой белка аквафабой:
а – с частичной; *б* – с полной

Fig. 2. Technological scheme of biscuit preparation with protein replacement by aquafaba:
a – partial; *b* – full

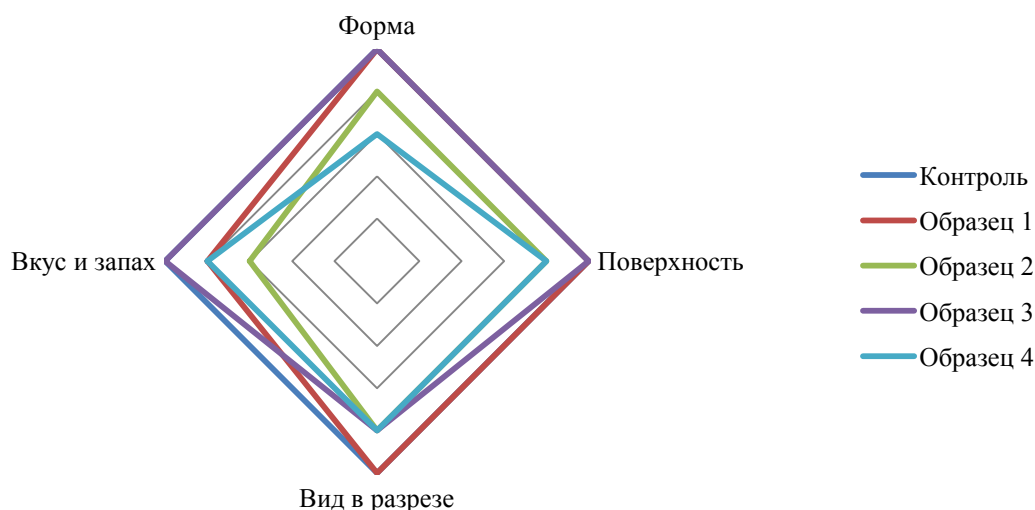


Рис. 3. Органолептические параметры бисквита с использованием аквафабы
Fig. 3. Organoleptic parameters of biscuit with aquafaba use

При изучении вида на разрезе (рис. 4) отмечалось, что 1 и 3 опытные образцы на основе смеси 50 : 50 яйца и аквафабы имеют характерный для данного вида изделий вид – пропеченное изделие с равномерной пористой структурой, без пустот и следов непромеса. Состояние мякиша – характерное и сопоставимо с контролем.

Напротив, при полной замене яйца на аквафабу как белой, так и красной фасоли отмечалось, что 2 и 4 опытные образцы муки имеют нехарактерный для бисквитов мякиш, липкую структуру.



Контроль



Опыт 1

50 % яйца + 50 % а/ф красной фасоли



Опыт 2

100 % а/ф красной фасоли



Опыт 3

50 % яйца + 50 % а/ф белой фасоли



Опыт 4

100 % а/ф белой фасоли

Рис. 4. Вид на разрезе бисквитов с использованием в рецептуре аквафабы фасоли

Fig. 4. Sectional view of biscuits using bean aquafaba in the recipe

По содержанию влаги в кондитерских изделиях с использованием аквафабы можно отметить, что в опытных образцах бисквита 2 и 4 наблюдается увеличение данного показателя в среднем на 4–5 % в сравнении с контролем (рис. 5). Повышенное содержание влаги отмечено также у образцов 2 и 4, вследствие чего при определении органолептических показателей, внешнего вида и вида на разрезе у них отметили влажный липкий мякиш. Таким образом, после выпекания образцов бисквитов с использованием аквафабы установили, что при полной замене яйца на аквафабу тесто получалось более клейкое и недопеченное.

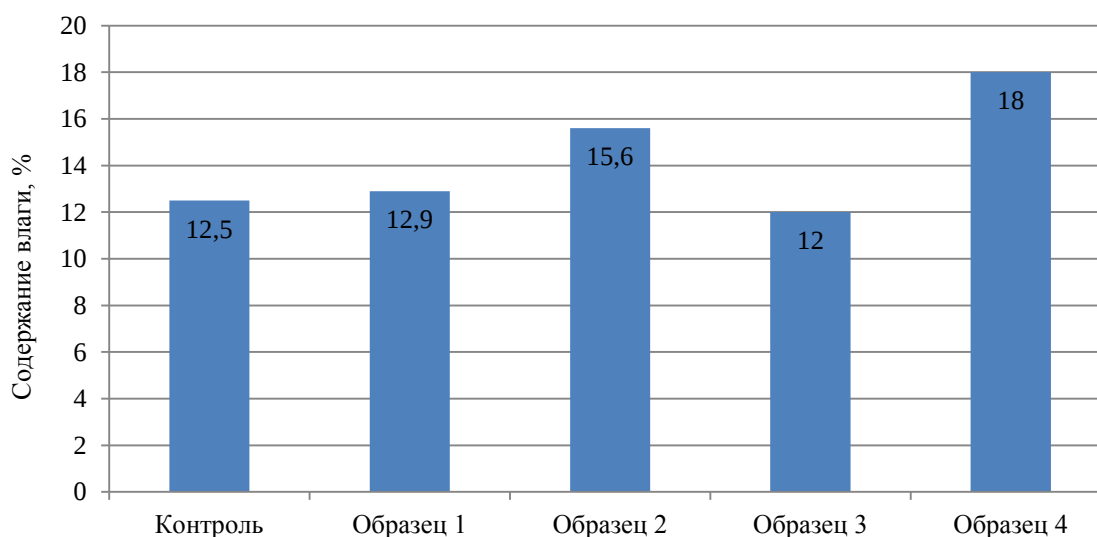


Рис. 5. Содержание влаги в бисквите с использованием аквафабы

Fig. 5. Moisture content in biscuits using aquafaba

Пищевая и энергетическая ценность мучных кондитерских изделий с использованием аквафабы устанавливали расчетным путем. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5. Пищевая ценность бисквита с использованием аквафабы
Table 5. Nutritional value of biscuits using aquafaba

Показатель	Контроль	Опыт 1, 3 (50 % яйцо + 50 % аквафаба)	Опыт 2, 4 (100 % аквафаба)
Белки, г	7,09	5,4	4,16
Жиры, г	2,93	1,43	0,39
Углеводы, г	57,6	57,7	57,92
Клетчатка, г	2,96	3,66	3,66
Энергетическая ценность, ккал / кДж	285,13 / 1 192,98	265,27 / 1 109,89	251,79 / 1 053,49

Анализ пищевой ценности показал, что в сравнении с контролем образцы бисквита с аквафабой имеют меньшую калорийность. Опыты 1 и 3 с частичной заменой имели потерю 1,69 г белка, опыты 2 и 4 с полной заменой яйца аквафабой на 2,93 г в сравнении с контролем, но вместе с тем отмечается снижение содержания жира в опытных образцах на 1 и 2,5 г соответственно.

По калорийности опытных образцов отмечается снижение на 19,86 (опыты 1 и 3) и 33,34 ккал (опыты 2 и 4) в сравнении с контролем (265,27 и 251,79 ккал в 1 и 2 опытных образцах соответственно против 285,13 ккал в контроле).

Добавление порошка моркови увеличило содержание клетчатки в 1,2 раза. Норма потребления клетчатки в сутки для взрослого человека составляет 20–25 г. Процент удовлетворения суточной потребности в клетчатке с добавлением порошка моркови возрос с 11,84 до 14,64 % при норме 25 г/сутки.

Исходя из результатов органолептической и физико-химической экспертизы, оптимальными рецептурами признаны номера 1 и 3 с частичной заменой куриного яйца аквафабой.

Заключение

Технология бисквита, обогащенного пищевыми волокнами, разработана с использованием альтернативного источника белка – аквафабы, по своему химическому составу и реологическим свойствам схожего с яичным белком.

В результате проведенного опыта экспериментально доказана возможность замены белка яйца растительным белком с сохранением качественных показателей готового продукта.

В качестве функционального ингредиента в рецептуру введен порошок моркови, служащий дополнительным источником витаминов, макроэлементов и пищевых волокон.

Итогом исследований стала готовая рецептура с оптимизированной технологией производства бисквитов на основе аквафабы консервированной белой и красной фасоли. Разработанные изделия отличаются высокими органолептическими показателями и обогащенным химическим составом. Калорийность продукта снижена по сравнению с классическим яичным бисквитом, а функциональная значимость повышена за счет включения в состав пищевых волокон.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Ачмиз А. Д., Лисовая Е. В., Викторова Е. П., Схалыхов А. А. Физиологическая роль каротиноидов и их применение в технологиях пищевых продуктов // Новые технологии. 2023. Т. 19, № 1. С. 14–25. DOI: <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-1-14-25>. EDN: PKGVVF.
- Бельшикина М. Е. Проблема производства растительного белка и роль зерновых бобовых культур в ее решении // Природообустройство. 2018. № 2. С. 65–73. DOI: <https://doi.org/10.26897/1997-6011/2018-2-65-73>. EDN: OSIEZF.
- Борисова К. С. Сравнительная оценка альтернативных источников белка // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 2. С. 171–174. EDN: UNBETW.
- Бурак Л. Ч., Егорова З. Е., Саманкова Н. В. Альтернативные источники белка и современные методы его извлечения: обзор предметного поля // Sciences of Europe. 2024. № 150(150). С. 10–23. DOI: 10.5281/zenodo.13926294. EDN: EZAIQ.
- Величко К. И., Калинкина Е. В. Биохимия. Основные питательные вещества человека // Аллея науки. 2022. Т. 1, № 5(68). С. 50–57. EDN: KXNKWO.
- Герасимов А. Б. Проблема дефицита полноценного белка в питании современного человека: пути решения // Стихия Земля : сб. науч. тр. Межрегион. науч.-практ. конф. "Стихия ЗЕМЛЯ", Санаторий "Хилово", Псковская обл., 16–17 января 2024 г. / под ред. М. А. Мамаевой. СПб. : СТЕЛЛА, 2024. С. 107–112. EDN: MKYWFP.

- Гостюхин В. Д., Лопаева Н. Л. Переход на альтернативный белок: предпосылки и перспективы // Молодежь и наука. 2022. № 12. Номер статьи: 1. EDN: QGMEAM.
- Дроздов Р. А., Кожухова М. А., Борисова М. М., Дроздова Т. А. Функциональные свойства пищевых волокон, полученных из продуктов переработки овощей // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2019. № S9. С. 50–61. EDN: EBWYFV.
- Ларькина А. В., Сазонова А. В., Янова М. А. Сравнительная характеристика бобовых культур для производства аквафабы // Научно-практические аспекты развития АПК : материалы национ. науч. конф., г. Красноярск, 18 ноября 2022 г. Красноярск, 2023. С. 202–205. EDN: LYSWBW.
- Мазалевский В. Б., Волончук С. К., Чекрыга Г. П., Станкевич С. В. Способ производства мягкого сыра с порошком из моркови функциональной направленности // Ползуновский вестник. 2023. № 3. С. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.25712/astu.2072-8921.2023.03.014>. EDN: LUUTLM.
- Мирзаев Ж. Д., Эргашев А. М. У. Использование пищевых технологий для разработки альтернативных источников белка // Universum: технические науки. 2023. № 9–4(114). С. 31–32. EDN: FHMERZ.
- Морева А. В. Функциональные пищевые продукты питания // Символ науки: международный научный журнал. 2020. № 5. С. 84–85. EDN KHTZVJ.
- Полухин А. А., Лытнева Н. А., Парушина Н. В. Анализ рынка зерновых и зернобобовых культур в системе ФГИС "Зерно" для продовольственной безопасности страны // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 4(44). С. 12–23. DOI: [10.24412/2309-348X-2022-4-12-23](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-4-12-23). EDN: XJVLCT.
- Прохода И. А., Кубышкин А. В., Слезко Е. И. Протеинсодержащее натуральное сырье как альтернатива пищевого белка // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2024. № 4(72). С. 159–164. DOI: <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2024-72-4-159-164>. EDN: MFCUXP.
- Родионова Н. С., Щетилина И. П., Короткова К. Г., Шолин В. А. [и др.]. Перспективы применения зернобобовых в инновационных технологиях функциональных продуктов питания // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82, № 3(85). С. 153–163 DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-3-153-163>. EDN: QHUIJP.
- Рязанцева А. С., Ковалева А. Е. Использование аквафабы в рецептуре бисквитов, как альтернативы яичному сырью // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее : сб. науч. ст. 5-й Всерос. науч. конф., Курск, 20–21 октября 2022 г. В 4 т. Т. 3. Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2022. С. 325–327. EDN: UNHGTI.
- Синеговский М. О. Соя как инструмент компенсации дефицита белка (исторический аспект) // Агронаука. 2024. Т. 2, № 1. С. 16–22. DOI: [10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22](https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22). EDN: COYGUS.
- Снегирева Н. В. Основные направления создания технологий производства функциональных продуктов питания // Мир Инноваций. 2021. № 4. С. 18–21. EDN: VCXWUM.
- Стешиц О. Анализ тенденций мирового рынка продовольствия и его новых развивающихся сегментов // Аграрная экономика. 2023. № 5(336). С. 81–93. DOI: <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2023-5-81-93>. EDN: SONUOR.
- Сутула Г. И., Рябухин Д. С. Микроводоросли и насекомые как альтернативные источники белка: преимущества и риски // Пищевые системы. 2023. Т. 6, № 4. С. 497–503. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-497-503>. EDN: EDWAOR.
- Толстомятова В. А. Подбор функциональных ингредиентов для обогащения мучных изделий // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. 2016. № 3. С. 311–314. EDN: UQEUES.
- Фоменко И. А. Белковая недостаточность в питании человека // Евразийское Научное Объединение. 2021. № 7–1(77). С. 52–53. EDN: IRMEWS.
- Химический состав пищевых продуктов. Книга 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. М. : Агропромиздат, 1987. 224 с.
- Черникова Н. А., Кошкарова Е. А., Гаптар С. Л., Тарабанова Е. В. [и др.]. Совершенствование технологии производства пищевых продуктов функционального направления // Наука и инновации: векторы развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Барнаул, 24–25 октября 2018 г. : сб. науч. ст. В 2 кн. Кн. 2. Барнаул : РИО Алтайского ГАУ, 2018. С. 128–133. EDN: ZDLBTN.
- Fuentes Choya P., Combarros-Fuertes P., Abarquero Camino D., Renes Bañuelos E. [et al.]. Study of the technological properties of *Pedrosillano* chickpea aquafaba and its application in the production of egg-free baked meringues // Foods. 2023. Vol. 12, Iss. 4. Article number: 902. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12040902>.
- Huang Z.-g., Wang X.-y., Zhang J.-y., Liu Y. [et al.]. High-pressure homogenization modified chickpea protein: Rheological properties, thermal properties and microstructure // Journal of Food Engineering. 2022. Vol. 335. P. 111196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111196>. EDN: NTAAOZ.
- Serventi L. Upcycling legume water: From wastewater to food ingredient // Springer Nature. Cham, Switzerland, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-42468-8>.

References

- Achmiz, A. D., Lisovaya, E. V., Viktorova, E. P., Skhalyakhov, A. A. 2023. Physiological role of carotenoids and their use in food technology. *New Technologies*, 19(1), pp. 14–25. DOI: <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-1-14-25>. EDN: PKGVVF. (In Russ.)
- Belyshkina, M. E. 2018. The problem of plant protein production and the role of grain legumes in its solution. *Prirodoobustrojstvo*, 2, pp. 65–73. DOI: <https://doi.org/10.26897/1997-6011/2018-2-65-73>. EDN: OSIEZF. (In Russ.)
- Borisova, K. S. 2021. Comparative evaluation of alternative sources of protein. *Bulletin of Youth Science of Altai State Agrarian University*, 2, pp. 171–174. EDN: UNBETW. (In Russ.)
- Burak, L. Ch., Egorova, Z. E., Samankova, N. V. 2024. Alternative protein sources and modern methods of protein extraction: a review of the subject field. *Sciences of Europe*, 150(150), pp. 10–23. DOI: 10.5281/zenodo.13926294. EDN: EZAIPQ. (In Russ.)
- Velichko, K. I., Kalinkina, E. V. 2022. Biochemistry. Basic nutrients of human. *Alley of Science*, 1(5(68)), pp. 50–57. EDN: KXNKWO. (In Russ.)
- Gerasimov, A. B. 2024. Problem of deficiency of high-grade protein in the nutrition of modern man: Ways to solve. Coll. of articles of the Interregional Scientific and Practical Conf. *Earth Element*, Pskov, January 16–17, 2024. St. Petersburg, pp. 107–112. EDN: MKYWFP. (In Russ.)
- Gostyukhin, V. D., Lopaeva, N. L. 2022. Transition to alternative protein: prerequisites and prospects. *Youth and Science*, 12. Article number: 1. EDN: QGMEAM. (In Russ.)
- Drozdov, R. A., Kozhukhova, M. A., Borisova, M. M., Drozdova, T. A. 2019. Functional properties of dietary fibers derived from vegetable processing products. *Electronic Network Polythematic Journal "Scientific Works of KUBSTU"*, S9, pp. 50–61. EDN: EBWYFV. (In Russ.)
- Larkina, A. V., Sazonova, A. V., Yanova, M. A. 2023. Comparative characteristics of legume crops for aquafaba production. Proceedings of the national scientific conf. *Scientific and practical aspects of agroindustrial complex development*, Krasnoyarsk, November 18, 2022. Krasnoyarsk, pp. 202–205. EDN: LYSWBW. (In Russ.)
- Mazalevsky, V. B., Volonchuk, S. K., Chekryga, G. P., Stankevich, S. V. 2023. Method of production of soft cheese with carrot powder of functional orientation. *Polzunovskiy Vestnik*, 3, pp. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.25712/astu.2072-8921.2023.03.014>. EDN: LUUTLM. (In Russ.)
- Mirzaev, J. D., Ergashev, A. M. U. 2023. Use of food technologies for the development of alternative protein sources. *Universum: Technical Sciences*, 9–4(114), pp. 31–32. EDN: FHMERZ. (In Russ.)
- Moreva, A. V. 2020. Functional food nutritional products. *Symbol of Science: International Scientific Journal*, 5, pp. 84–85. EDN: KHTZVJ. (In Russ.)
- Polukhin, A. A., Lytneva, N. A., Parushina, N. V. 2022. Market analysis of cereals and leguminous crops in the system of FGIS "grain" for food security of the country. *Legumes and Groat Crops*, 4(44), pp. 12–23. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-12-23. EDN: XJVLCT. (In Russ.)
- Prokhoda, I. A., Kubyshekin, A. V., Slezko, E. I. 2024. Protein-containing natural raw materials as an alternative to food protein. *Vestnik of the Bashkir State Agrarian University*, 4(72), pp. 159–164. DOI: <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2024-72-4-159-164>. EDN: MFCUXP. (In Russ.)
- Radionova, N. S., Shchetilina, I. P., Korotkova, K. G., Sholin, V. A. et al. 2020. Prospects for the use of grain legumes in innovative technologies of functional foods. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 82(3(85)), pp. 153–163. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-3-153-163>. EDN: QHJGJP. (In Russ.)
- Ryazantseva, A. S., Kovaleva, A. E. 2022. The use of aquafaba in the formulation of biscuits as an alternative to egg raw material. Coll. of articles of the 5th All-Russian scientific conf. *Problems and prospects of development of Russia: Youth perspective in the future*. In 4 vol., Kursk, October 20–21, 2022. Vol. 3. Kursk, pp. 325–327. EDN: UNHGTI. (In Russ.)
- Sinegovsky, M. O. 2024. Soybean as a tool to compensate for protein deficiency (historical aspect). *Agronauka*, 2(1), pp. 16–22. DOI: 10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22. EDN: COYGUS. (In Russ.)
- Snegireva, N. V. 2021. Main directions of creation of technologies for the production of functional foods. *World of Innovation*, 4, pp. 18–21. EDN: VCXWUM. (In Russ.)
- Steshits, O. 2023. Analysis of trends in the world food market and its new emerging segments. *Agrarian Economics*, 5(336), pp. 81–93. DOI: <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2023-5-81-93>. EDN: SONUOR. (In Russ.)
- Sutula, G. I., Ryabukhin, D. S. 2023. Microalgae and insects as alternative sources of protein: Benefits and risks. *Food systems*, 6(4), pp. 497–503. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-497-503>. EDN: EDWAOR. (In Russ.)
- Tolstopyatova, V. A. 2016. Selection of functional ingredients for enrichment of flour products. *Education and Science without Borders: Social and Humanities*, 3, pp. 311–314. EDN: UQUEUS. (In Russ.)
- Fomenko, I. A. 2021. Protein deficiency in human nutrition. *Evrasiiskoe Nauchnoe Ob'edinenie*, 7–1(77), pp. 52–53. EDN: IRMEWS. (In Russ.)

- Chemical composition of food products. Book 1. Reference tables of the content of basic nutrients and energy value of food products. 1987. Eds. Skurikhin I. M., Volgarev M. N. Moscow. (In Russ.)
- Chernikova, N. A., Koshkarova, E. A., Gaptar, S. L., Tarabanova, E. V. et al. 2018. Improvement of the technology of production of food products of functional direction. Coll. of articles *Science and innovation: Vectors of development*, in 2 books. Barnaul, Book 2, pp. 128–133. EDN: ZDLBTN. (In Russ.)
- Fuentes Choya, P., Combarros-Fuertes, P., Abarquero Camino, D., Renes Bañuelos, E. et al. 2023. Study of the technological properties of *Pedrosillano* chickpea aquafaba and its application in the production of egg-free baked meringues. *Foods*, 12(4). Article number: 902. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods120409022>.
- Huang, Z.-g., Wang, X.-y., Zhang, J.-y., Liu, Y. et al. 2022. High-pressure homogenization modified chickpea protein: Rheological properties, thermal properties and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 335, pp. 111196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111196>. EDN: NTAAOZ.
- Serventi, L. 2020. Upcycling legume water: From wastewater to food ingredient. Springer Nature. Cham, Switzerland. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-42468-8>.

Сведения об авторах

Иванова Дарья Алексеевна – ул. Добролюбова, 160, г. Новосибирск, Россия, 630039;
Новосибирский государственный аграрный университет, аспирант;
e-mail: iva_dasha@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8400-1455>

Darya A. Ivanova – 160 Dobrolyubova Str., Novosibirsk, Russia, 630039;
Novosibirsk State Agrarian University, PhD Student;
e-mail: iva_dasha@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8400-1455>

Тарабанова Евгения Викторовна – ул. Добролюбова, 160, г. Новосибирск, Россия, 630039;
Новосибирский государственный аграрный университет, канд. биол. наук, доцент;
e-mail: evtarabanova@mail.ru

Evgeniya V. Tarabanova – 160 Dobrolyubova Str., Novosibirsk, Russia, 630039;
Novosibirsk State Agrarian University, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor,
e-mail: evtarabanova@mail.ru