



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 664.65

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.011



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БИСКВИТА С ВКЛЮЧЕНИЕМ ПОРОШКА ИЗ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Ростислав Андреевич Журавлев¹, Елена Георгиевна Дунец²,
Татьяна Александровна Джум³, Майя Юрьевна Тамова⁴

^{1, 2, 3, 4} Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

¹ irostx@gmail.com, <https://orcid.org/0000-2701-734X>

² dunetsL@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4499-9069>

³ tatalex7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4025-326X>

⁴ tamova_maya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0710-8279>

Аннотация. Немаловажную роль в рационе питания России занимают мучные кондитерские изделия, в том числе на бисквитной основе. Поэтому внедрение прогрессивных технологий в процесс производства бисквитных изделий обосновано. Цель исследования: выявить влияние дозировки продуктов переработки морских водорослей на функционально-технологические свойства бисквитного полуфабриката, разработать рецептуру изделий из бисквитного теста, обогащенных пищевыми волокнами, с использованием продуктов переработки морских водорослей, оценить потребительские свойства разработанного пищевого продукта. Учитывая результаты информационно-патентного поиска, отмечена перспективность использования сырья растительного происхождения для включения в рецептурный состав мучных кондитерских изделий в качестве источника пищевых волокон. В качестве растительной основы было принято решение использовать сушеные морские красные водоросли *Chondrus crispus* (ирландский мох или хондрус курчавый). Установлено, что в виде порошка сушеные водоросли не имеют специфического запаха и вкуса.

В составе бисквитного полуфабриката использованы морские водоросли сушеные рода *Chondrus crispus*, мука пшеничная высшего сорта по ГОСТ 26574, яйца куриные по ГОСТ 31654, крахмал картофельный по ГОСТ Р 53876, сахар по ГОСТ 33222. В модельные образцы полуфабриката вместо общего количества муки включали порошок из морских водорослей в количестве 5 %, 10 %, 15 % и 20 %. Одной из ключевых характеристик бисквитного теста структурно-механические свойства. Рассмотрели влияние способа введения и массовой доли порошка из водорослей на пористость готового изделия, устойчивость пены яично-сахарной смеси, органолептические показатели готового бисквитного полуфабриката, физико-химические показатели выпечных полуфабрикатов, намокаемость выпечного полуфабриката, пищевую ценность. Оптимальная массовая доля включения в рецептурный состав порошка из водорослей составляет 10 % от массы муки.

Улучшенный состав обеспечивает повышение органолептических свойств, пищевой ценности, а также расширение ассортимента линейки мучных кондитерских изделий.

Ключевые слова: бисквитный полуфабрикат, сушеные морские водоросли, рецептура, органолептические показатели, физико-химические показатели, структурно-механические свойства, пищевая ценность.

Для цитирования: Журавлев Р. А., Дунец Е. Г., Джум Т. А., Тамова М. Ю. Технология производства и контроль качества бисквита с включением порошка из водорослей // Ползуновский вестник. 2023. № 2. С. 86–97. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.011. EDN: <https://elibrary.ru/DZJNAS>.

Original article

PRODUCTION TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL SPONGE CAKE WITH THE INCLUSION OF ALGAE POWDER

Rostislav A. Zhuravlev¹, Elena G. Dunets²,
Tatiana A. Dzhum³, Maya Yu. Tamova⁴

^{1, 2, 3, 4} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Technological University", Krasnodar, Russia

¹ irostx@gmail.com, <https://orcid.org/0000-2701-734X>

² dunetsL@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4499-9069>

³ tatalex7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4025-326X>

⁴ tamova_maya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0710-8279>

Abstract. *In the diets of the Russian population, more than a third of the products consumed are flour confectionery, especially on a biscuit basis. Therefore, the introduction of advanced technologies in the production process of biscuit products is justified. The purpose of the study is to identify the effect of the dosage of seaweed processing products on the functional and technological properties of a biscuit semi-finished product, to develop a recipe for products from biscuit dough enriched with dietary fiber using seaweed processing products, to evaluate the consumer properties of the developed biscuit semi-finished product. Based on the results of the information and patent search, the prospects of using raw materials of plant origin for inclusion in the recipe composition of flour confectionery products as a source of dietary fiber were noted. It was decided to use dried red seaweed Chondrus crispus (Irish moss or chondrus curly) as the plant base. It has been established that dried algae in powder form do not have a specific smell and taste.*

As part of the biscuit semi-finished product, dried seaweed of the genus Chondrus crispus, wheat flour of the highest grade according to GOST 26574, chicken eggs according to GOST 31654, potato starch according to GOST R 53876, sugar according to GOST 33222 were used algae in the amount of 5 %, 10 %, 15 % and 20 %. One of the key characteristics of biscuit dough is structural and mechanical properties. The influence of the method of administration and the mass fraction of algae powder on the porosity of the finished product, the stability of the foam of the egg-sugar mixture, the organoleptic characteristics of the finished biscuit semi-finished product, the physico-chemical properties of the baked semi-finished products, the wetness of the baked semi-finished product, nutritional value were investigated. The optimal mass fraction of algae powder inclusion in the recipe composition is 10 % of the flour mass. The improved composition provides an increase in organoleptic properties, nutritional value, as well as an expansion of the range of flour confectionery products.

Keywords: *biscuit semi-finished product, dried seaweed, formulations, organoleptic parameters, physico-chemical parameters, structural and mechanical properties, nutritional value.*

For citation: Zhuravlev, R. A., Dunets, E. G., Jum, T. A. & Tamova, M. Yu. (2023). Production technology and quality control of sponge cake with inclusion of algae powder. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 86-97. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.011. EDN: <https://elibrary.ru/DZJNAS>.

ВВЕДЕНИЕ

Российский рынок по производству кондитерских изделий можно считать одним из самых обширных рынков в мире, отличающийся стабильным спросом у населения, в том числе и на продукцию на основе бисквитного теста. Пищевая ценность бисквитных изделий определяется химическим составом основного и вспомогательного сырья, используемого для их производства. В состав бисквитов входят различные ингредиенты: мука высшего сорта, сахар, масло сливочное или

маргарин, крахмал, куриные яйца. Поэтому представляется актуальной разработка технологии и рецептур бисквитных полуфабрикатов с повышенными показателями качества, в том числе за счет обогащения нетрадиционными источниками функционально активных ингредиентов.

Область проектирования ассортимента пищевой продукции специального назначения с целью расширения ассортиментного перечня мучных кондитерских изделий можно разделить на два направления: обогащенные и специализированные (за счет добавления в рецеп-

туру дополнительных ингредиентов). Пшеничная мука высшего сорта обладает пониженными пищевыми свойствами, что подтверждает актуальность ее частичной замены в рецептурном составе изделий из бисквитного теста на нетрадиционные виды муки.

Учеными и технологами пищевой промышленности и общественного питания разработаны бисквитные изделия с включением сырья растительного происхождения – овощных порошков и муки из бобовых культур (цельносмолотая мука из плодов бьярышника, мука красной фасоли, порошки из тыквы, топинамбура и т.д.); выжимок, пюре, пасты, экстрактов, измельченных семян (кунжут). Перспективно направление, при котором часть пшеничной муки заменяют на альтернативные виды муки (гречневую, тритикалевую, полуобезжиренную соевую, пшеничную и ее комбинациями с рисовой, нутовой, миндальную и кукурузную), продукты, образующиеся при переработке сельскохозяйственного сырья, к примеру пшеничные зародыши (в смеси с пивной дробинкой), полуобезжиренные кукурузные зародыши. Применение сырья растительного происхождения и продуктов его переработки в технологии мучных кондитерских изделий способствует улучшению показателей качества, обогащению проектируемой продукции функциональными пищевыми ингредиентами, в том числе и пищевыми волокнами [1, 2, 3, 4, 5].

Морские водоросли и продукты их переработки являются перспективным сырьевым ресурсом для включения в качестве физиологически активного ингредиента в продукты массового, функционального и специализированного назначения. Морские водоросли отличаются ценным химическим составом за счет повышенного содержания пищевых волокон, макро- и микроэлементов. Наличие в химическом составе специфического комплекса жирных кислот и других физиологически активных веществ, отсутствующих в наземной растительности, позволяет добиться уникального положительного результата при включении в рацион питания человека: улучшаются иммунологические, адаптогенные и биостимулирующие функции организма. Высокая способность к набуханию и удерживанию воды порошков из морских водорослей позволяет использовать их при разработке продуктов с пониженной калорийностью [6, 7, 8]. Известно, что введение в рецептуру хлебобулочных изделий каррагинина, являющегося структурным компонентом водорослей, в количестве, не превышающем 0,1 % от общей массы муки, улучшает струк-

туру и внешний вид готового изделия. Представляется актуальным расширение ассортимента пищевых добавок из морских водорослей, отличающихся повышенной пищевой ценностью, для включения в рецептурный состав пищевых изделий кондитерской отрасли, в том числе и со сбивной структурой.

Целью исследования явилась разработка технологии и рецептур изделий из бисквитного теста, обогащенных пищевыми волокнами, с использованием продуктов переработки морских водорослей с последующим контролем их качества и безопасности.

МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись морские водоросли сушеные рода *Chondrus crispus*, мука пшеничная высшего сорта по ГОСТ 26574, яйца куриные по ГОСТ 31654, крахмал картофельный по ГОСТ Р 53876, сахар по ГОСТ 33222, лабораторные образцы бисквитного полуфабриката (рецептура № 1 «Бисквит (основной)») [8]. Сушеные морские водоросли измельчали в измельчителе для специй и просеивали через сита из нержавеющей стали с размером ячеек 0,5 мм. Выпечку бисквитных полуфабрикатов производили в печи конвекционной Roller Grill FC 260. Выпеченные изделия охлаждали при естественных условиях и анализировали через 20 ч.

Исследовались массовая доля растворимых и нерастворимых пищевых волокон по ГОСТ Р 54014, органолептические показатели порошка из морских водорослей по ГОСТ 20438, набухаемость (водопоглотительная способность) образцов продуктов переработки растительного сырья, реологические характеристики бисквитного теста на вискозиметре Брукфильда марки DV-II+PRO при температуре образца 25 °С, плотности выпечных полуфабрикатов, их влажность по ГОСТ 5900, пористость по ГОСТ 5669, удельный объем, намокаемость мякиша выпечного полуфабриката по ГОСТ 10114, средняя величина пор их мякиша с помощью цифровой камеры марки Nikon DS5100 и микроскопа марки XSP 10-640x с винтовым микроокулярном МОВ-1-16x, органолептические показатели выпечных полуфабрикатов по ГОСТ 31986, их микробиологические показатели (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов определяли по ГОСТ 10444.15, бактерии группы кишечных палочек – по ГОСТ 31747, дрожжи и плесени – по ГОСТ 10444.12, *Staphylococcus aureus* – по ГОСТ 31746, бактерии рода *Salmonella* – по ГОСТ 31659), гигиенические показатели выпечных изделий

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БИСКВИТА С ВКЛЮЧЕНИЕМ ПОРОШКА ИЗ ВОДОРΟΣЛЕЙ

(ртути – по ГОСТ 26927, свинца и кадмия – по ГОСТ 33824, мышьяка – по ГОСТ 26930, пестициды – по ГОСТ 13496.20).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании результатов информационно-патентного поиска отмечена перспективность использования сырья растительного происхождения для включения в рецептурный состав мучных кондитерских изделий в качестве источника пищевых волокон. В качестве растительной основы было принято решение использовать сушеные морские красные водоросли *Chondruscrispus* (ирландский мох или хондрус курчавый). Определили органолептические показатели порошка из морских водорослей. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика органолептических показателей сушеных морских красных водорослей *Chondruscrispus*

Table 1 – Organoleptic characteristics of dried marine red algae *Chondruscrispus*

Показатель	Характеристика
Внешний вид	тонкодисперсный порошок
Цвет	коричневый или светло-коричневый
Запах	нейтральный
Вкус	нейтральный

Установлено, что в виде порошка сушеные водоросли не имеют специфического запаха и вкуса. Определили химический состав сушеных морских водорослей. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав сушеных морских красных водорослей *Chondruscrispus*

Table 2 – Chemical composition of dried marine red algae *Chondruscrispus*

Показатель	Характеристика
Массовая доля влаги, %	10,0±0,10
Белки, %	4,6±0,05
Жиры, %	2,4±0,30
Зола, %	12,5±0,15
Общее содержание пищевых волокон, %	68,2±2,10
в том числе: нерастворимых пищевых волокон, %	10,8±1,80
растворимых пищевых волокон, %	58,8±1,60

Содержание белка и жира составляет 4,6 % и 2,4 % соответственно, что находится в пределах допустимого диапазона для красных морских водорослей данного рода. Установлено, что порошок отличается высоким

содержанием золы (12,5 %) и пищевых волокон (68,2 %). Растворимые пищевые волокна составили 58,8 % от общего количества пищевых волокон, нерастворимые – 10,8 %.

Исследовали физико-химические показатели порошка из водорослей, предположительно влияющих на свойства теста и выпеченных полуфабрикатов.

Важной технологической характеристикой пищевых волокон, входящих в состав морских водорослей, является их способность к набуханию. Сравнили водопоглотительную способность порошка из водорослей с аналогичным показателем у распространенных в пищевой промышленности добавками: пшеничным и яблочными пищевыми волокнами (рисунок 1).

Высокую водопоглотительную способность образца порошка из морских водорослей предположительно можно объяснить наличием в составе большого количества гидроксильных групп, входящих в состав каррагинана, который и удерживает молекулы воды. Произвели микробиологическую экспертизу образцов порошка из морских водорослей на соответствие требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 по показателям безопасности.

Установлено, что по микробиологическим показателям безопасности порошок из морских водорослей соответствует требованиям, предъявляемым Техническим регламентом Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 040/2016.

Высокая массовая доля пищевых волокон в составе порошка из сушеных морских красных водорослей рода *Chondruscrispus* позволяет рекомендовать его к использованию при проектировании и производстве мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности.

В качестве контрольного образца были использованы технология и рецептура бисквитного полуфабриката была использована рецептура № 1 «Бисквит (основной)» [8].

В образцы полуфабриката включали порошок из морских водорослей в количестве 5 %, 10 %, 15 % и 20 % от общего количества пшеничной муки. Рецептуры модельных образцов приведены в таблице 3.

Бисквитные полуфабрикаты относятся к наиболее сложным видам мучных кондитерских изделий, так как их технология предусматривает жесткое соблюдение параметров и последовательности технологических операций. Бисквитное тесто должно представлять собой устойчивую вспененную массу, полученную в результате кратковременного замеса (15–20 мин).

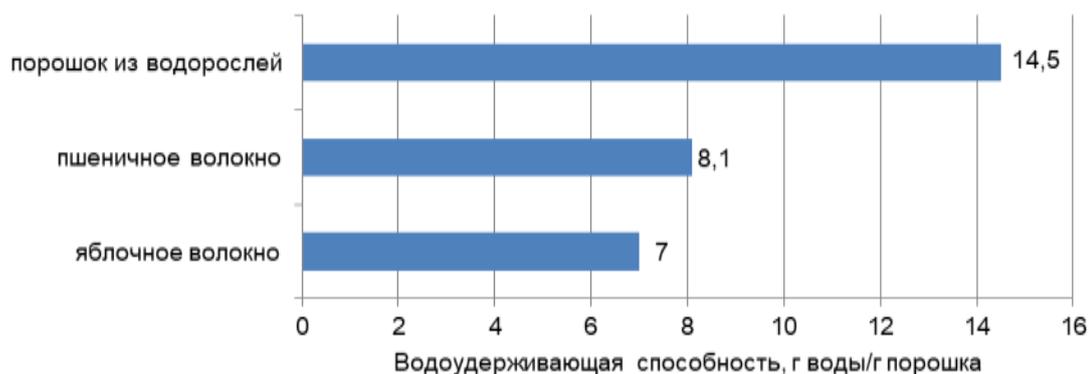


Рисунок 1 – Сравнительная водопоглотительная способность порошка продуктов переработки растительного сырья

Figure 1 – Comparative water absorption capacity of vegetable raw materials processing products

Таблица 3 – Рецептуры образцов бисквитного полуфабриката с включением порошка из морских водорослей

Table 3 – Recipes of biscuit semi-finished product samples with the inclusion of seaweed powder

Наименование сырья	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья на 10 кг полуфабриката, нетто г				
		контрольный образец	образец № 1	образец № 2	образец № 3	образец № 4
Мука пшеничная высшего сорта	85,50	2812,0	2671,0	2531,0	2390,0	2250,0
Порошок из морских водорослей	90,00	–	141,0	281,0	422,0	562,0
Крахмал картофельный	80,00	694,0	694,0	694,0	694,0	694,0
Сахар песок	99,85	3471,0	3471,0	3471,0	3471,0	3471,0
Яйца или меланж	27,00	5785,0	5785,0	5785,0	5785,0	5785,0
Итого	–	12796,7	12796,7	12796,7	12796,7	12796,7

Необходимым условием получения основы пены (плёночного каркаса) является присутствие определенного объема воздушной фазы в пищевой системе (80–90 %).

Вспенивание (образование пены) происходит при диспергировании газа в жидкой среде. При производстве бисквитных полуфабрикатов это достигается за счет интенсивного механического воздействия рабочих органов машин (взбивания) на яйца и дальнейшей денатурации их белков с дальнейшим пенообразованием.

Пены термодинамически нестабильны, поэтому замес бисквитного теста при добавлении муки необходимо производить в кратчайшие сроки. Длительный замес приведёт к её оседанию, и как следствие, бисквит получается плотным и малопористым.

Одной из ключевых характеристик, формирующих потребительские свойства выпеч-

ного полуфабриката, являются его структурно-механические свойства.

Известно, что пористость готового изделия зависит от способа введения дополнительных ингредиентов в модельную смесь. Установили зависимость показателя пористости выпечного полуфабриката от последовательности введения в бисквитное тесто порошка из морских водорослей: в первом случае порошок добавляли в начале процесса взбивания яично-сахарной смеси; во втором случае – за 1–2 минуты до введения муки; в третьем случае – вместе с мукой.

Согласно экспериментальным данным, последовательность введения порошка из водорослей незначительно влияет на пористость готового изделия. Незначительное увеличение пористости при введении порошка в конце взбивания можно объяснить возможным взаимодействием между положи-

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БИСКВИТА С ВКЛЮЧЕНИЕМ ПОРОШКА ИЗ ВОДОРΟΣЛЕЙ

тельно заряженными зарядами белка яиц и отрицательно заряженными сульфатными группами молекул каррагинана, что способствует образованию связей между рассеянными молекулами белка и полисахаридом. Молекулы белка яйца имеют нейтральный заряд, однако при снижении pH ниже изоэлектрической точки (pH = 4,8 для яичного альбумина) приобретают заряд положительный. Включение в рецептурный состав порошка из водорослей способствует незначительному снижению pH смеси, что приводит к изменению заряда бел-

ков, входящих в состав пищевой системы. При внесении порошка из морских водорослей показатель пористости снижается, однако добавление функционального ингредиента в количестве до 15 % не сказывается существенным образом на качестве готового изделия. Образец № 4 (20 % порошка от массы муки) имеет отклонение от нормы.

На следующем этапе исследования были изучены реологические свойства бисквитного теста с добавлением порошка из водорослей в различном количестве (рисунок 2).

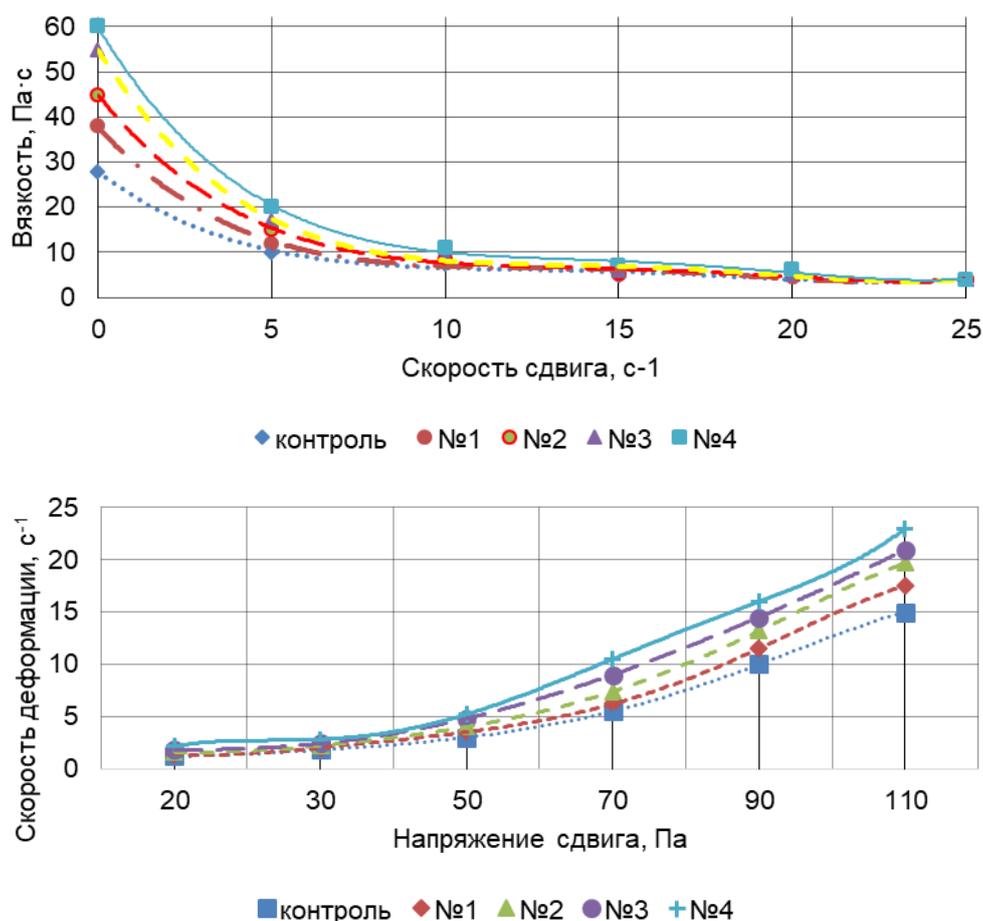


Рисунок 2 – Реологические свойства бисквитного теста с добавлением порошка из водорослей

Figure 2 – Rheological properties of sponge dough with inclusion of algae powder

Установлено, что бисквитное тесто представляет собой структурированную систему, на которую влияет приложенное напряжение сдвига и градиент скорости. Аномалия вязкости теста незаметна при невысоких градиентах скорости. Увеличение градиента скорости незначительным образом влияет на эффективную вязкость теста. Показатель вязкости образцов с включением порошка из водорослей при одинаковой скорости сдвига был выше, чем у контрольного

образца, что может быть вызвано наличием каррагинана в составе порошка.

Добавление большого количества порошка из морских водорослей способствует снижению устойчивости пищевой системы, что может быть вызвано уменьшением содержания белков клейковины (глютена) в муке. Известно, что глютен играет решающую роль в формировании пленочной каркаса теста. Снижение качества клейковины приводит к хрупкости трехмерных сетей теста, по-

сколькx связи, инициированные глютеном, теряются. Таким образом, замена слишком большого количества муки порошком из морских водорослей может разрушить систему жидкого теста, что отрицательным образом сказывается на показателях пористости и удельного объема выпечных изделий.

В выпечных бисквитных полуфабрикатах

другим важным показателем является не только пористость мякиша, но и средняя величина его пор. Зависимость средней величины пор мякиша бисквитного полуфабриката от количества внесенного в рецептурный состав теста порошка из водорослей представлена на рисунке 3.

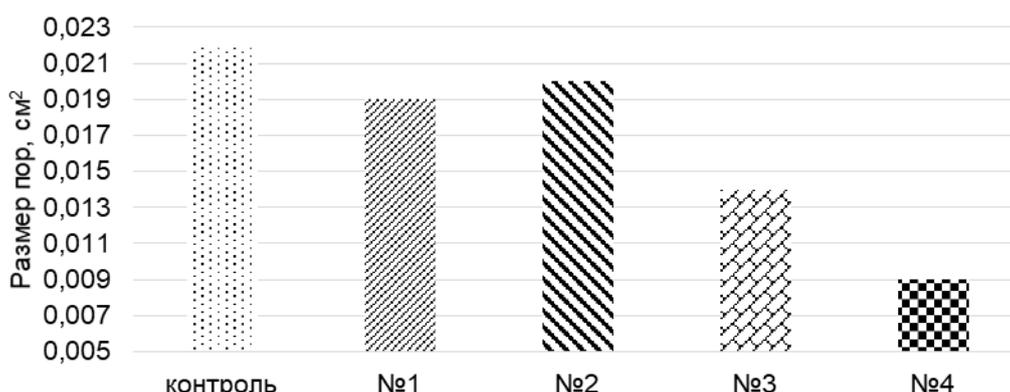


Рисунок 3 – Зависимость средней величины пор мякиша бисквитного полуфабриката от количества внесенного в рецептурный состав теста порошка из водорослей

Figure 3 – The average pore size of the biscuit semi-finished crumb

В контрольном образце бисквитного полуфабриката поры округлой формы. При добавлении и дальнейшем увеличении массовой доли порошка из морских водорослей поры становились меньше, что обусловлено повышением вязкости теста. Установлено, что включение в рецептуру порошка водорослей в количестве не более 10 % от общей

массы муки не оказывает существенного влияния на структурно-механические показатели теста и выпечных изделий.

Бисквитное тесто является по своей структуре пеной, изучали влияние массовой доли вносимого порошка из водорослей на устойчивость пены яично-сахарной смеси (рисунок 4).

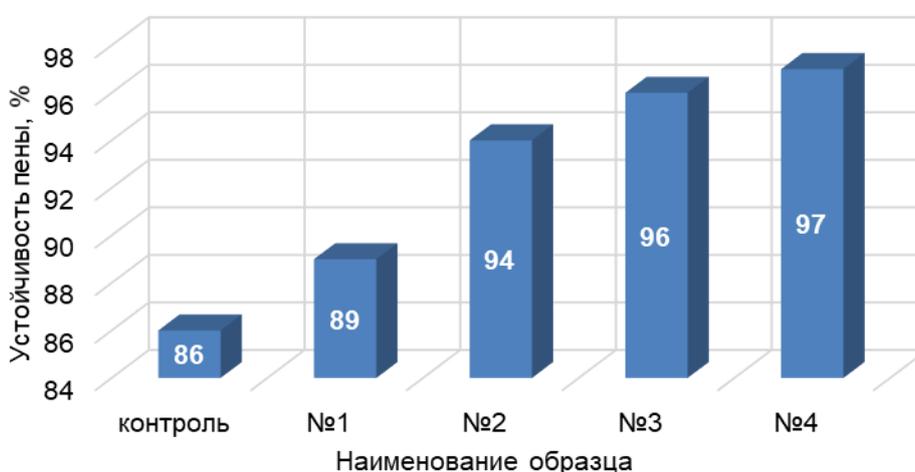


Рисунок 4 – Зависимость массовой доли порошка из водорослей на устойчивость пены бисквитного теста

Figure 4 – Dependence of the mass fraction of algae powder on the stability of sponge dough foam

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БИСКВИТА С ВКЛЮЧЕНИЕМ ПОРОШКА ИЗ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Установлено, что при замене части муки на порошок из водорослей устойчивость пены увеличивается.

Замена пшеничной муки на порошок из

водорослей привела к изменению органолептических показателей выпечного изделия, приготовленного по традиционной технологии (таблица 4).

Таблица 4 – Органолептические показатели выпечных полуфабрикатов с включением порошка из водорослей

Table 4 – Organoleptic indicators of baked semi-finished products with the inclusion of algae powder

Наименование показателя	Образцы бисквитных полуфабрикатов				
	контроль	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Поверхность и форма	гладкая, без надрывов	без подрывов и трещин, соответствует форме, в которой выпекался			
Состояние мякиша	пропеченный, поры мелкие, равномерно распределены по объему, следы закала отсутствуют	пропеченный, комочки, следы непромеса и закала отсутствуют, поры мелкие, равномерно распределены по объему		пропеченный, неоднородный, с включениями комочков, присутствуют следы непромеса, пористость неравномерная	
Цвет	мякиша светло-кремовый, корки – коричневый	мякиша – светло-коричневый, корки – коричневый		мякиша – неоднородный, коричневый, корки – темно-коричневый	
Запах и вкус	приятный, свойственный данному виду изделия, без посторонних привкуса и запаха			неприятный, несвойственный бисквитному полуфабрикату	

Согласно полученным данным, введение порошка из водорослей до 10 % от массы муки (образец № 3) в рецептурный состав не влияет на основные органолептические показатели изделия. Образцы № 3 и № 4 отличались неприятным привкусом и запахом, плотным мякишем с темно-коричневыми включениями порошка из морских водорослей. Та-

Таблица 5 – Физико-химические показатели выпечных полуфабрикатов с включением порошка из водорослей

Table 5 – Physico-chemical parameters of baked semi-finished products with the inclusion of algae powder

Показатель	Образцы бисквитных полуфабрикатов				
	контроль	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Влажность теста, %	36,0	36,0	35,0	34,0	33,0
Влажность выпечного полуфабриката, %	27,5	26,7	26,1	25,5	24,9
Плотность теста, кг/м ³	455,0	458,0	461,0	467,0	473,0
Пористость, %	78,0	77,0	74,0	70,0	67,0
Удельный объем, см ³ /100 г	514,0	525,0	523,0	507,0	486,0

Снижение пористости исследуемых полуфабрикатов, очевидно, обусловлено их высокой водосвязывающей способностью, что приводит к снижению влажности взбитой структуры бисквитной массы. С увеличением количества вносимой добавки порошка из водорослей удельный объем бисквита незначительно увеличивается, затем снижается.

Установили зависимость между количе-

ким образом, оптимальная массовая доля включения в рецептурный состав порошка из водорослей составляет 10 % от массы муки.

Провели анализ влияния массовой доли порошка из морских водорослей на физико-химические показатели выпечных полуфабрикатов (таблица 5).

ством вносимого порошка из морских водорослей и намокаемостью выпечного бисквитного полуфабриката (рисунок 5).

При оценке пищевой ценности разработанной продукции (таблица 6) выявлено, что образцы с включением порошка из морских водорослей отличались высоким содержанием золы и пищевых волокон.

Количество зольных элементов в образце

№2 увеличилось в 1,4 раза по сравнению с контрольным образцом, количество растворимых пищевых волокон также превосходит контрольный образец в 2,6 раз, нерастворимых – в 1,4 раза.

Установлено, что порошок из водорослей способствует связыванию дополнительного

количества влаги в структуре бисквитного полуфабриката за счет повышенной структурообразующей и водосвязывающей способности пищевых волокон, что положительно сказывается на характеристике органолептических показателей.



Рисунок 5 – Влияние массовой доли порошка из водорослей на намокаемость выпечного бисквитного полуфабриката

Figure 5 – The effect of the mass fraction of algae powder on the wetness of the baked biscuit semi-finished product

Таблица 6 – Сравнительная оценка количества пищевых волокон и золы в образцах бисквитного полуфабриката с включением порошка из водорослей

Table 6 – Comparative evaluation of the amount of dietary fiber and ash in the samples of biscuit semi-finished product with the inclusion of algae powder

Показатель	Образцы бисквитных полуфабрикатов				
	контроль	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Зола, %	0,82	1,12	1,20	1,45	1,64
Пищевые волокна, %	1,39	2,18	2,95	3,73	4,51
в том числе:					
нерастворимых пищевых волокон, %	0,57	0,69	0,81	0,93	1,04
растворимых пищевых волокон, %	0,81	1,46	2,10	2,75	3,39

Структура полуфабриката отличается повышенной прочностью, что позволяет снизить потери продукта при хранении и транспортировке, повышается пищевая ценность изделия.

На основе полученных данных разработана технология производства бисквита с включением порошка из водорослей. Рецепт-турная композиция представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Рецепт-турная композиция бисквита с включением порошка из водорослей

Table 7 – Recipe composition of biscuit with inclusion of algae powder

Наименование сырья	Масса сырья на 1000 г полуфабриката, г	
	в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная высшего сорта	253,6	216,8
Порошок из морских водорослей	28,2	25,3
Крахмал картофельный	69,5	55,6
Сахар	347,7	347,2
Яйца или меланж	579,6	156,5
Итого	1282,0	801,5
Выход	1000,0	751,8

Модельные образцы теста приготавливали следующим образом. Яйца соединяли с сахаром и подвергали процессу взбивания до увеличения объема смеси в 3 раза. За 2 минуты до окончания взбивания добавляли порошок из морских водорослей. В смесь вносили

муку, которую предварительно соединили с картофельным крахмалом, эссенцию и перемешивали массу в течение 10–15 с. Тесто массой 250 г разливали в формы и выпекали при температуре 180 °С в течение 30 минут. Выпеченный бисквит охлаждали в течение от

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БИСКВИТА
С ВКЛЮЧЕНИЕМ ПОРОШКА ИЗ ВОДОРΟΣЛЕЙ**

20 до 30 мин, вынимали из форм и выстаивали от 8 до 10 ч при температуре от 15 °С до 20 °С. Органолептические показатели бисквита с включением порошка из водорослей соот-

ветствуют заявленным в таблице 8. Физико-химические показатели качества разработанного бисквита с включением порошка из водорослей представлены в таблице 9.

Таблица 8 – Органолептические показатели бисквита с включением порошка из водорослей

Table 8 – Organoleptic characteristics of a sponge cake with the inclusion of algae powder

Показатель	Характеристика
Поверхность и форма	без подрывов и трещин, соответствует форме, в которой выпекался
Состояние мякиша	пропеченный, комочки, следы непромеса и закала отсутствуют, поры мелкие, равномерно распределены по объему
Цвет	мякиш – светло-коричневый, поверхности – коричневый
Запах и вкус	свойственный данному виду изделия, посторонний привкус и запах отсутствует

Таблица 9 – Физико-химические показатели качества разработанного бисквита с включением порошка из водорослей

Table 9 – Physico-chemical quality indicators of the developed sponge cake with the inclusion of algae powder

Наименование показателя	Значение показателя
Влажность теста, %	35,0
Влажность выпечного полуфабриката, %	26,1
Плотность теста, кг/м ³	461,0
Пористость, %	74,0
Удельный объем, см ³ /100 г	523,0
Намокаемость, %	294,0

Установили пищевую ценность разработанного бисквита с включением порошка из водорослей, что представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Пищевая ценность бисквита с включением порошка из водорослей на 100 г

Table 10 – Nutritional value of a sponge cake with the inclusion of algae powder per 100 g

Наименование веществ	Контроль	Бисквит с включением порошка из водорослей
Белки, г	10,3	10,2
Жиры, г	7,0	7,0
Углеводы, г	60,7	60,7
Пищевые волокна, г	1,1	2,9
Зола, г	0,8	1,2
Минеральные вещества		
Натрий, мг	80,8	80,7
Калий, мг	129,5	126,2
Кальций, мг	39,5	38,9
Магний, мг	11,6	11,3
Фосфор, мг	136,9	134,6
Железо, мг	1,7	2,1
Энергетическая ценность, ккал	347,0	339,3

Согласно МР 2.3.1.1915, рекомендуемая суточная потребность в каррагинане у взрослого человека составляет 2 г. При употреблении 100 г бисквита с включением порошка из водорослей удовлетворение суточной потребности в данном биологически активном ингредиенте составит 125 % (2,5 г), что позволяет отнести разработанный полуфабрикат к продукции функционального назначения.

Исследовали микробиологические показатели безопасности разработанного бисквитного полуфабриката согласно Техническому регламенту Таможенного союза 021/2011.

Установлено, что в образцах полуфабрикатов при хранении при температуре 4±2 °С бактерии группы кишечной палочки, *S. aureus* и патогенные микроорганизмы рода *Salmonella* обнаружены не были. Полученные экспери-

ментальные данные подтвердили соответствие санитарно-гигиенического режима производства и режимов хранения требованиям технического регламенту Таможенного союза 021/2011.

В образце, выработанном по контрольной технологии и рецептуре, при длительном хранении (72 ч) наблюдался рост плесневых грибов и дрожжей. Данный факт можно объяснить высоким показателем пористости выпечного изделий, что, в свою очередь, обуславливает доступ воз-

духа, что является необходимым условием для роста и развития плесневых грибов.

В разработанном образце пористость снизилась, что, вероятно, негативным образом повлияло на рост плесневых грибов и дрожжей.

Провели исследование по определению отсутствия токсичных элементов в разработанных образцах мучных кондитерских изделий согласно Техническому регламенту Таможенного союза 021/2011. Результаты исследования представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Содержание токсичных элементов в бисквите с включением порошка из водорослей

Table 11 – The content of toxic elements in a sponge cake with the inclusion of algae powder

Наименование показателя	Допустимые уровни мг/кг, не более	Значение показателя
Ионы тяжелых металлов:		
Свинец	0,50	менее 0,001
Мышьяк	0,30	менее 0,001
Кадмий	0,10	менее 0,001
Ртуть	0,02	не обнаружено
Пестициды:		
ГХЦГ α, β, γ-изомеры)	0,20	менее 0,001
ДДТ и его метаболиты	0,02	менее 0,001

Результаты исследований подтверждают соответствие разработанного бисквитного полуфабриката санитарно-гигиеническим нормативам по показателям качества и пищевой безопасности.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования проводилось изучение влияния массовой доли порошка из морских водорослей на функционально-технологические свойства теста и бисквитного полуфабриката. Химический состав порошка отличается повышенным содержанием золы, пищевых волокон, а также повышенной водоудерживающей способностью. Дополнительно следует отметить наличие в порошке из водорослей йода, отсутствующего в пшеничной муке, а также повышенное содержание других минеральных веществ и витаминов. Определены потребительские свойства: органолептические и физико-химические показатели. Добавление в рецептурный состав бисквитного полуфабриката порошка из морских водорослей позволяет решить две важные задачи: обогатить целевой продукт физиологически активными компонентами, а также улучшить структуру пищевой системы за счет наличия в порошке полисахаридов, обладающих структурообразующим и стабилизирующим эффектами. Включение в рецептурный состав порошка из морских водорослей способствует увеличению вязкости пищевой системы, снижение пористости вы-

печного полуфабриката. Полуфабрикат с добавлением морских водорослей отличается повышенной хранимоспособностью и способностью к транспортированию. При разработке рецептуры бисквита с включением порошка из водорослей установлена оптимальная его массовая доля, которая составила 10 % от массы муки. Использование порошка из водорослей рода *Chondrus crispus* для замены муки в хлебобулочных изделиях представляет собой новое направление развития и использования морских растений в пищевой промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Божко, С.Д., Чернышова, А.Н., Ершова, Т.А., Серженко, А.С. Обзор разработок изделий из бисквитного теста специального назначения // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 3 (29). С. 43–52.
2. Корячкина, С.Я. Использование нетрадиционного сырья в технологии бисквита / С.Я. Корячкина [и др.] // Хлебобулочные продукты. 2015. № 6. С. 44–45.
3. Козлова, Е.И. Применение ламинарии при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2017. № 6. С. 249–251.
4. Сокол, Н.В., Шепеленко, Э.А. Производство мучных кондитерских изделий с морской водорослью в качестве БАД // Новые технологии. 2017. № 1. С. 53–58.
5. Min, H. Eucheuma powder as a partial flour replacement and its effect on the properties of sponge

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БИСКВИТА С ВКЛЮЧЕНИЕМ ПОРОШКА ИЗ ВОДРОСЛЕЙ

cake / H. Min, Y. Hongshun // LWT – Food Science and Technology. 2019. 110. pp. 262–268.

6. Structural characteristics of phycobiliproteins from red alga *Mazzaella japonica* / Y. Kitade [et al.] // Journal of Food Biochemistry, 42(1), e12436.

7. Ткаченко, А.С., Наконечная, О.А., Горбач, Т.В., Ткаченко, М.А. Каррагинаны: польза или вред? // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2018. Том 17. № 1. С. 7–13.

8. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий / Составитель Павлов А.В. М. : Гидрометеиздат, 1998. 299 с.

Информация об авторах

Р.А. Журавлев – кандидат технических наук, доцент кафедры общественного питания и сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

Е.Г. Дунец – кандидат технических наук, доцент кафедры общественного питания и сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

Т.А. Джум – кандидат технических наук, доцент кафедры общественного питания и сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

М.Ю. Тамова – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой общественного питания и сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

REFERENCES

1. Bozhko, S.D., Chernyshova, A.N., Ershova, T.A. & Sergenko, A.S. (2019). Review of the development of products made of special purpose biscuit dough. *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products*. 3 (29). 43-52. (In Russ.).

2. Koryachkina, S.Ya. [et al.]. (2015). The use of unconventional raw materials in biscuit technology. *Bread products*. (6). 44-45. (In Russ.).

3. Kozlova, E.I. (2017). The use of laminaria in the production of bakery and confectionery products. *Education and science without borders: fundamental and applied research*. (6). 249-251. (In Russ.).

4. Sokol, N.V. & Shepelenko, E.A. (2017). Production of flour confectionery products with seaweed as dietary supplements. *New technologies*. (1). 53-58. (In Russ.).

5. Min, H. & Hongshun, Y. (2019). Eucheuma powder as a partial flour replacement and its effect on the properties of sponge cake. *LWT - Food Science and Technology*. (110). 262-268.

6. Kitade, Y. [et al.]. (2017). Structural characteristics of phycobiliproteins from red alga *Mazzaella japonica*. *Journal of Food Biochemistry*, 42(1), e12436.

7. Tkachenko, A.S., Nakonechnaya, O.A., Gorbach, T.V., Tkachenko, M.A. (2018). Carrageenans: benefit or harm? *Bulletin of the Vitebsk State Medical University*. 17(1). 7-13. (In Russ.).

8. Compiled by Pavlov A.V. (1998). Collection of recipes for flour confectionery and bakery products. М. : Hydrometeoizdat. (In Russ.).

Information about the authors

R.A. Zhuravlev - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Public Catering and Service of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Technological University".

E.G. Dunets - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Public Catering and Service of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Technological University".

T.A. Dzhum - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Public Catering and Service of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Technological University".

M.Y. Tamova - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Public Catering and Service of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Technological University".

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 21.02.2023; одобрена после рецензирования 13.05.2023; принята к публикации 11.06.2023.

The article was received by the editorial board on 21 Feb 2023; approved after editing on 13 May 2023; accepted for publication on 11 June 2023.