

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2416>  
<https://elibrary.ru/FBJCCP>

Оригинальная статья  
<https://fppt.ru>

## Влияние толокна ячменного на формирование показателей качества сахарного печенья



С. Ю. Мистенева\*<sup>ORCID</sup>, Н. А. Щербакова<sup>ORCID</sup>, Н. Б. Кондратьев<sup>ORCID</sup>

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности<sup>ORCID</sup>, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 06.06.2022  
Принята после рецензирования: 02.09.2022  
Принята к публикации: 04.10.2022

\*С. Ю. Мистенева: [svetlana\\_mst@mail.ru](mailto:svetlana_mst@mail.ru),  
<https://orcid.org/0000-0002-1439-7972>  
Н. А. Щербакова: <https://orcid.org/0000-0002-0466-9612>  
Н. Б. Кондратьев: <https://orcid.org/0000-0003-3322-9621>

© С. Ю. Мистенева, Н. А. Щербакова, Н. Б. Кондратьев, 2023



### Аннотация.

Толокно ячменное является ценным источником растворимых пищевых волокон  $\beta$ -глюканов, что определяет актуальность его использования при создании обогащенных мучных кондитерских изделий. Цель работы – модификация пищевого профиля сахарного печенья путем введения в его состав толокна ячменного и изучение динамики изменения качественных характеристик полуфабрикатов и готовых изделий.

Объектами исследования являлись мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, толокно ячменное, композитные смеси, модельные суспензии и рецептурные модели сахарного печенья. Органолептические и физико-химические показатели, жирнокислотный состав, а также структурно-механические характеристики изделий определяли с помощью стандартных методик.

Содержание пищевых волокон в муке и толокне составило 3,7 и 19,8 % соответственно. Жирнокислотный состав толокна отличался от состава муки повышенным содержанием олеиновой кислоты (21,1 и 15,9 % соответственно) и меньшим количеством линолевой кислоты (46,8 и 54,0 % соответственно). Увеличение доли толокна в композитных смесях привело к повышению содержания пищевых волокон (3,7–11,8 %), белка (11,5–12,8 %) и жира (1,4–2,7 %). При введении 50 % толокна увеличивается абсорбционная способность композитных смесей по воде и жиру на 125 и 65,7 % соответственно. С увеличением доли толокна возрастала вязкость модельных суспензий с 3,1 до 17,3 Па·с при минимальной скорости сдвига. Намокаемость печенья увеличивалась, по сравнению с контрольным образцом (190 %), при введении толокна в количестве 30 и 40 % и составляла 221 и 227 % соответственно. Введение толокна привело к повышению содержания пищевых волокон в готовом изделии (до 7,53 % в образце с 50 % толокна). Печенье с толокном имело правильную форму и ровную поверхность, равномерно развитую пористость и обладало гармоничным сбалансированным вкусом и запахом с незначительным зерновым оттенком.

Введение 40 % толокна ячменного взамен части пшеничной муки в рецептуре сахарного печенья было оптимальным. Это повысило количество пищевых волокон в 100 г изделия до 6,5 г и позволило отнести печенье к изделиям с их высоким содержанием в соответствии с ТР ТС 022/2011. Результаты исследования легли в основу создания ассортимента печенья с модифицированным пищевым профилем, обогащенного нативными пищевыми волокнами за счет использования цельнозернового сырья.

**Ключевые слова.** Мучные кондитерские изделия, цельнозерновые продукты, ячмень, пищевые волокна,  $\beta$ -глюкан, качество

**Для цитирования:** Мистенева С. Ю., Щербакова Н. А., Кондратьев Н. Б. Влияние толокна ячменного на формирование показателей качества сахарного печенья // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 1. С. 69–85. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2416>

## Effect of Whole Barley Tolokno on the Quality of Biscuits



Svetlana Yu. Misteneva\*<sup>ORCID</sup>, Natalia A. Shcherbakova<sup>ORCID</sup>,  
Nikolay B. Kondrat'ev<sup>ORCID</sup>

All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry<sup>ORCID</sup>, Moscow, Russia

Received: 06.06.2022  
Revised: 02.09.2022  
Accepted: 04.10.2022

\*Svetlana Yu. Misteneva: [svetlana\\_mst@mail.ru](mailto:svetlana_mst@mail.ru),  
<https://orcid.org/0000-0002-1439-7972>  
Natalia A. Shcherbakova: <https://orcid.org/0000-0002-0466-9612>  
Nikolay B. Kondrat'ev: <https://orcid.org/0000-0003-3322-9621>

© S.Yu. Misteneva, N.A. Shcherbakova, N.B. Kondrat'ev, 2023



### Abstract.

Benefit of dietary fiber has proven by clinical studies. Dietary fiber can be incorporated into food products with whole grain cereals. Whole barley tolokno is a valuable source of soluble dietary fiber  $\beta$ -glucans. As a result, it is often used in fortified bakery products. The research objective was to modify the dietary profile of biscuits by substituting refined wheat flour with barley tolokno.

The study featured refined wheat flour, barley tolokno, composite flours, model suspensions, and formulations of biscuits. Standard methods helped to measure the sensory profile, physicochemical parameters, fatty acid composition, structural characteristics, and mechanical properties of the research objects.

The content of dietary fiber in the flour and the tolokno was 3.7 and 19.8%, respectively. The fatty acid composition of the tolokno differed from that of the wheat flour. The content of oleic acid was 21.1 in the tolokno and 15.9% in the flour, while the content of linoleic acid was 46.8 in the tolokno and 54.0% in the flour. A greater proportion of tolokno in the composite flour led to an increase in the content of dietary fiber (3.7–11.8%), protein (11.5–12.8%), and fat (1.4–2.7%). The water and fat absorption capacity of composite flours increased by 125 and 65.7%, respectively, when the share of tolokno reached 50%. As the proportion of tolokno increased, the viscosity of the model suspensions rose from 3.1 to 17.3 Pa·s at a minimal shear rate. The water absorption capacity of the control sample was 190%: in the experimental biscuits, it rose from to 221 and 227% at 30 and 40% of tolokno, respectively. Extra tolokno also increased the content of dietary fiber in the biscuit, which reached 7.53% in the sample with 50% tolokno. The experimental biscuits were even in shape, surface, and porosity; they had a balanced taste and a pleasant smell with a slight grainy tint.

The optimal proportion of barley tolokno was 40%. This amount brought up the content of dietary fiber to 6.5 g per 100 g. The resulting biscuits could be classified as products rich in dietary fiber (Technical Regulations of the Customs Union 022/2011). The research made it possible to expand the range of functional biscuits fortified with native dietary fiber and whole grain raw materials.

**Keywords.** Flour-based confectionery, biscuits, whole grains, whole grain products, barley tolokno, dietary fiber

**For citation:** Misteneva SYu, Shcherbakova NA, Kondrat'ev NB. Effect of Whole Barley Tolokno on the Quality of Biscuits. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(1):69–85. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2416>

### Введение

В мировом сообществе происходит осознание взаимосвязи физического благополучия населения и правильного разнообразного питания. Поддержание сбалансированного рациона на протяжении всей жизни, начиная с раннего возраста, позволяет сократить рост ряда неинфекционных заболеваний: диабета, сердечно-сосудистых заболеваний, инсульта и т. д. В существующих реалиях сохранение и поддержание иммунитета становятся приоритетными задачами. В связи с этим интересы потребителей смещаются в сторону продуктов питания, в том

числе кондитерских изделий, созданных с учетом инновационных научных разработок и комплексных подходов [1, 2].

Мучные кондитерские изделия, в частности печенье, являются группой продуктов кондитерской отрасли, пользующейся наиболее высоким спросом у потребителей (рис. 1).

Печенье может стать перспективным объектом для создания широкого спектра специализированных продуктов питания для различных групп населения. Во многих странах определенные виды печенья используются в рационах лечебно-

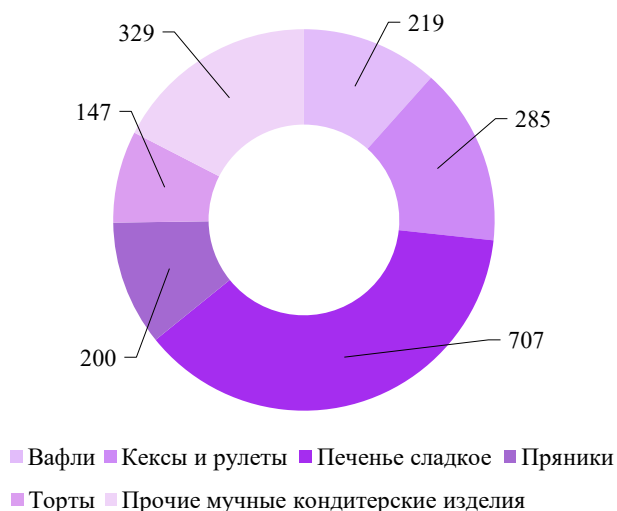


Рисунок 1. Продажи кондитерских изделий по видам за 2020 г. (тыс. т)

Figure 1. Sales of confectionery products by type in 2020 (thousand tons)

профилактического питания при диабете, ожирении, сердечно-сосудистых заболеваниях, а также различных состояниях, вызванных недостатком необходимых питательных веществ. Печенье включает широкое разнообразие групп, разделение на которые обусловлено различиями в рецептурном составе, структурно-механических характеристиках и особенностях проведения технологического процесса производства, что дает широкие возможности для его модификации [4, 5].

Основу большинства видов печенья составляет мука пшеничная высшего сорта, полученная методом полной очистки зерна пшеницы.

Рафинированное зерно имеет более низкое содержание пищевых волокон, витаминов и минералов, незаменимых жирных кислот и фитохимических веществ. Употребление продуктов глубокой технологической переработки способствует быстрому действию пищеварительных ферментов и может привести к увеличению постпрандиальных уровней глюкозы в крови, концентрации инсулина и стимуляции чувства голода.

Последние десятилетия научное сообщество занимается изучением новых видов функциональных ингредиентов с целью создания инновационных пищевых продуктов для здорового питания. Клиническими исследованиями доказан приоритет введения физиологически значимых природных компонентов, витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон за счет использования цельнозернового растительного сырья. Употребление цельнозерновых продуктов из злаков может снизить

риск возникновения ряда заболеваний. Помимо высокой пищевой ценности, растительные продукты из цельнозернового зерна содержат широкий спектр фитохимических веществ, которые оказывают биоактивное действие, способствующее укреплению здоровья и профилактике возникновения ряда заболеваний. Фитохимические вещества злаковых включают каротиноиды, фенольные соединения (фенольные кислоты, флавоноиды, лигнин, стильбеноиды, алкилрезорцины), глюкозинолаты, алкалоиды и беталаины [6–9].

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является четвертой по значимости зерновой культурой в мире. Крупнейшими производителями ячменя являются Российская Федерация, Франция, Германия, Украина и Канада. Примерно 65 % урожая ячменя используется в качестве корма для животных, около 30 % – для производства солода и в пивоварении, только 2–3 % – для производства пищевых продуктов. Благодаря ценному питательному профилю ячменя интерес к данной зерновой культуре как к части рациона питания вырос по всему миру. Польза от употребления ячменя связана с наличием пищевых волокон, в частности водорастворимых бета-глюканов, и фитохимических веществ (фенольных кислот, флавоноидов, лигнанов, токолов, фитостеринов и фолатов), обладающих сильными антиоксидантными и антипролиферативными свойствами, способствующих снижению холестерина и оказывающих иммуномодулирующее действие [10, 11].

Пищевые волокна играют важную роль в нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта, увеличивают массу мышечного слоя и влияют на его моторную активность и скорость всасывания пищевых веществ. Клинические исследования показывают, что потребление пищевых волокон обратно пропорционально возникновению ожирения, диабета второго типа, рака и сердечно-сосудистых заболеваний. Национальная служба здравоохранения Великобритании (NHS) установила адекватное потребление пищевых волокон на уровне 30 г в день. Министерство сельского хозяйства США (USDA) рекомендует употребление 22 г в день пищевых волокон для женщин и 38 г в день для мужчин. В РФ нормы физиологических потребностей в пищевых волокнах для мужчин и женщин составляют 20–25 г (МР 2.3.1.0253-21).

По содержанию пищевых волокон ячмень занимает одно из ведущих место среди зерновых культур (рис. 2) [12–14].

Нерастворимые пищевые волокна в ячмене находятся в отрубях или околоплоднике, в то время как растворимые (в т. ч.  $\beta$ -глюкан) – в стенках клеток эндосперма. В связи с этим содержание  $\beta$ -глюкана в ячмене не уменьшается при удалении внешних слоев при обработке цельного зерна. Поскольку другие

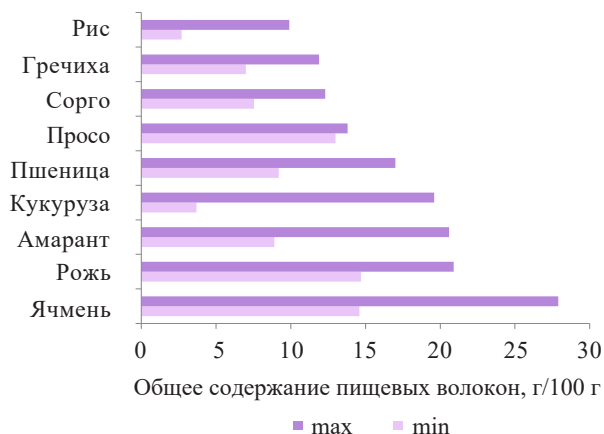


Рисунок 2. Общее содержание пищевых волокон в некоторых культурах

Figure 2. Total dietary fiber in some crops

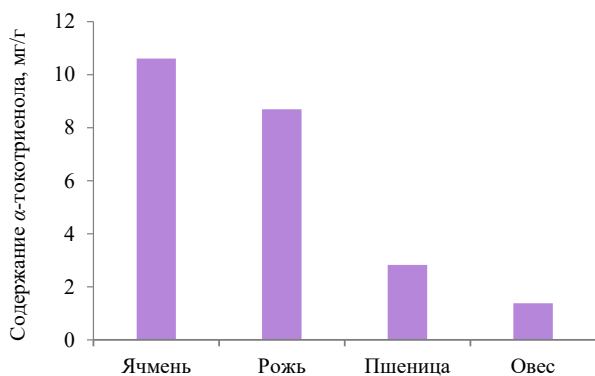


Рисунок 4. Содержание  $\alpha$ -токотриентола в некоторых злаках

Figure 4.  $\alpha$ -Tocotrienol in some crops

компоненты удаляются, то  $\beta$ -глюкан становится большей частью продуктов переработки ячменя (рис. 3) [15–17].

Механизм действия  $\beta$ -глюкана связан с его способностью образовывать высоковязкий гель в желудочно-кишечном тракте, который препятствует некоторым пищеварительным процессам, включая ферментативный распад, опорожнение желудка и всасывание глюкозы в кишечнике. Использование продуктов, содержащих  $\beta$ -глюкан, имеет клинически доказанную эффективность в снижении риска сердечно-сосудистых заболеваний и диабета, а также гипертонии и ожирения [18].

Токоферолы и токотриенолы относятся к витаминам группы E и представлены в четырех основных формах:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и  $\delta$ -токоферолы и  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и  $\delta$ -токотриенолы. Они обладают антиоксидантными свойствами и играют важную физиологическую роль. Токотриенолы и токоферолы подавляют синтез

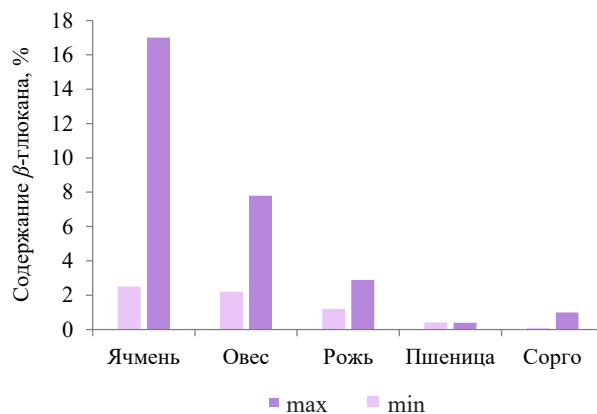


Рисунок 3. Содержание  $\beta$ -глюкана в некоторых культурах

Figure 3.  $\beta$ -Glucan in some cultures

холестерина и обладают нейропротекторными и антиканцерогенными свойствами. Ячмень является уникальным среди зерновых злаков, поскольку содержит все восемь форм витамина E. Ячмень содержит больше  $\alpha$ -токотриенола, чем овес, пшеница или рожь (рис. 4) [11, 19, 20].

Фенольные соединения – еще один тип антиоксидантов, содержащихся в зернах. Диеты, богатые фенольными соединениями, связаны со снижением риска возникновения сердечно-сосудистых и некоторых других заболеваний. В ячмене фенольные соединения находятся в свободном и связанном виде с клетчаткой и состоят из девяти фенольных кислот. Наиболее распространенной является феруловая кислота, обладающая высокими антиоксидантными, противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами [21, 22].

По сумме незаменимых аминокислот белок ячменя биологически полноценнее, чем белок зерна пшеницы. В белке зерна пшеницы содержание незаменимых аминокислот составляет 28,2 г/100 г белка, а в белке зерна ячменя – 30,56 г/100 г белка. Наиболее сильно отличается белок зерна ячменя от пшеницы по лизину (2,3 и 3,4 г/100 г белка соответственно) и треонину (2,9 и 3,8 г/100 г белка соответственно) (рис. 5) [16, 23].

Целью работы являлась модификация пищевого профиля сахарного печенья путем введения в рецептурный состав толокна ячменного и изучение динамики изменения качественных характеристик полуфабрикатов и готовых изделий.

#### Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали рецептурные модели печенья с использованием толокна ячменного в различных соотношениях, мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, толокно ячменное,

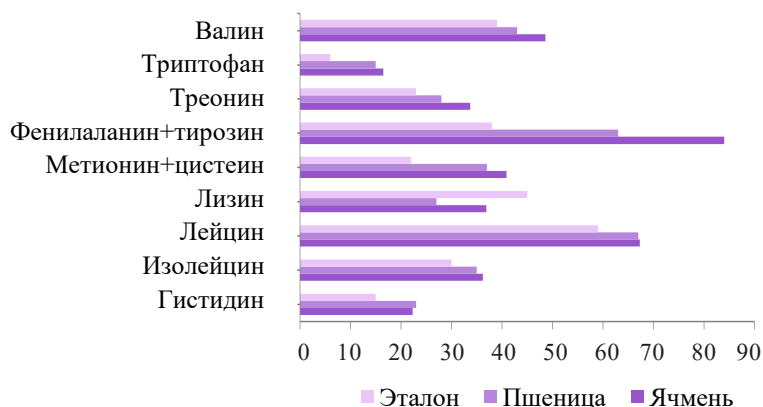


Рисунок 5. Аминокислотный состав белка (мг/г белка) ячменя и пшеницы в сравнении с эталонной моделью для взрослых ФАО/ВОЗ (2007 г.)

Figure 5. Amino acid composition of protein (mg/g protein) of barley and wheat vs. FAO/WHO reference model for adults (2007)

композитные смеси из муки и толокна ячменного и модельные суспензии композитных смесей муки.

Органолептические показатели определяли по ГОСТ 27558-1987, ГОСТ 24901-2014 и ГОСТ 5897-1990. Массовую долю влаги устанавливали по ГОСТ 5900-2014, массовую долю белка – по ГОСТ 10846-1991 и ГОСТ 34551-2019, массовую долю жира – по ГОСТ 31902-2012, жирнокислотный состав муки пшеничной хлебопекарной и толокна ячменного – по МВИ 103-19825192-2022, количество и качество клейковины – по ГОСТ 27839-2013, содержание пищевых волокон – по МУК 4.1.3697-21, массовую долю золы – по ГОСТ 27494-2016, коэффициент набухания – по МВИ 92-19825192-2021, абсорбционную способность по воде – по МВИ 101-19825192-2022, по жиру – по МВИ 102-19825192-2022, насыпную плотность – по МВИ 93-19825192-2021, намокаемость готовых изделий – по ГОСТ 10114-80, активность воды теста и готовых изделий определяли на анализаторе AquaLab 4TE (Decagon Devices, США).

Температуру теста измерили с помощью термометра с погрешностью  $\pm 0,2$  °C. Высоту и диаметр тестовой заготовки и готовых изделий измерили с помощью штангенциркуля и выразили в мм с погрешностью  $\pm 0,05$  мм. Массу тестовой заготовки и готового изделия определили путем взвешивания на электронных лабораторных весах AND GF 1000 дискретностью 0,001 г с точностью до 0,1 г.

Эффективную вязкость, напряжение сдвига и скорость сдвига определяли с помощью ротационного вискозиметра Реотест-2. Эффективную вязкость ( $\eta$ , Па·с) находили по формуле:

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{\tau}{\gamma}$$

где  $\tau$  – напряжение сдвига, Па;  $\gamma$  – скорректированный градиент скорости,  $\text{с}^{-1}$ .

Толокно является одним из продуктов переработки ячменя. Технология получения толокна предусматривает длительную гидротермическую обработку цельного зерна с последующим высушиванием и размалыванием в тонкоизмельченную муку. В результате сложных физико-химических процессов толокно приобретает специфические питательные свойства: происходят изменения в соотношении различных фракций белка; в результате частичного гидролиза крахмала повышается содержание декстринов; происходит изменение состава липидов [24].

Толокно ячменное обладает гармоничным сладковатым вкусом и приятным запахом с незначительным зерновым оттенком. Основные физические свойства толокна ячменного сходны с мукой пшеничной, что обуславливает удобство его использования в производстве сахарного печенья без дополнительных экономических затрат.

Этапы проведения экспериментальных исследований представлены на рисунке 6.

Химический состав толокна ячменного и муки пшеничной высшего сорта, используемых в данной работе, представлен в таблице 1.

Для создания рецептурных моделей сахарного печенья использовали композитные смеси муки, состоящие из муки пшеничной высшего сорта и толокна ячменного в соотношениях, представленных в таблице 2.

Для изучения влияния толокна ячменного на изменение качественных характеристик готовых изделий и установления его технологически обоснованного количества разработали различные рецептурные модели печенья. Для проведения

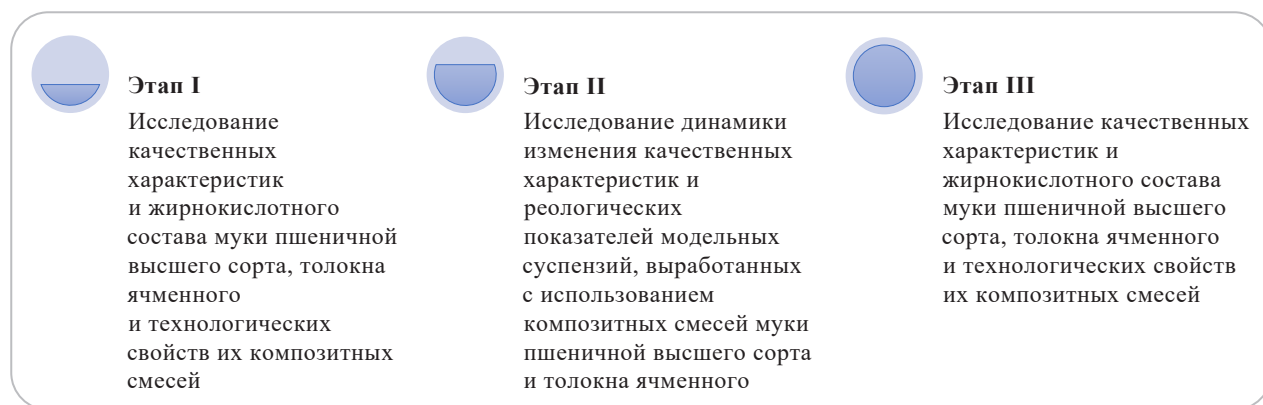


Рисунок 6. Этапы проведения экспериментальных исследований

Figure 6. Experiment stages

Таблица 1. Химический состав толокна ячменного и муки пшеничной высшего сорта

Table 1. Chemical composition of barley tolokno and top-grade wheat flour

| Наименование показателей, %   | Вид сырья            |                  |
|-------------------------------|----------------------|------------------|
|                               | Мука пшеничная в. с. | Толокно ячменное |
| Массовая доля влаги           | 10,0                 | 8,5              |
| Массовая доля белка           | 11,5                 | 13,8             |
| Массовая доля жира            | 1,4                  | 3,6              |
| Массовая доля пищевых волокон | 3,7                  | 19,8             |
| Массовая доля золы            | 0,52                 | 1,13             |

Таблица 2. Процентные соотношения муки пшеничной высшего сорта и толокна ячменного в композитных смесях муки

Table 2. Top-grade wheat flour and barley tolokno in composite flour mixes

| Обозначение смесей | Соотношение компонентов в смесях, % |                  |
|--------------------|-------------------------------------|------------------|
|                    | Мука пшеничная в. с.                | Толокно ячменное |
| MT <sub>0</sub>    | 100                                 | –                |
| MT <sub>10</sub>   | 90                                  | 10               |
| MT <sub>20</sub>   | 80                                  | 20               |
| MT <sub>30</sub>   | 70                                  | 30               |
| MT <sub>40</sub>   | 60                                  | 40               |
| MT <sub>50</sub>   | 50                                  | 50               |

сравнительной оценки качественных характеристик был выработан контрольный образец печенья с использованием 100 % муки пшеничной высшего сорта (контроль) (табл. 3).

Технологическая схема лабораторной выработки печенья из композитных смесей муки представлена на рисунке 7.

Тесто для печенья готовили по трехстадийной технологии, предусматривающей предварительное приготовление суспензии и эмульсии (рис. 8).

Для обеспечения качественного процесса формирования теста в лабораторных условиях его расчетную влажность принимали равной  $16,0 \pm 0,5$  %. Температура теста составила  $24 \pm 1,5$  °C.

### Результаты и их обсуждение

Основу формирования структурно-механических характеристик печенья и реологических свойств полуфабрикатов составляют функционально-технологические свойства используемого сырья. Их изучение позволяет прогнозировать и оптимизировать параметры проведения технологического процесса, а также оценить устойчивость продукта к процессам порчи в течение его срока годности [25].

На первом этапе работы для прогнозирования скорости окислительной порчи, являющейся основной причиной изменения качества кондитерских изделий группы печенья, провели исследования жирнокислотного состава жировых фракций муки пшеничной высшего сорта и толокна ячменного. Хроматограммы жирных кислот жировой фракции пшеничной муки и толокна ячменного представлены на рисунках 9 и 10.

Значительная часть жирных кислот жировых фракций муки пшеничной высшего сорта и толокна ячменного представлена легкоокисляющейся линолевой кислотой – 54,8 и 46,8 % соответственно (табл. 4).

Толокно ячменное характеризовалось повышенным содержанием относительно стабильной мононенасыщенной олеиновой кислоты ( $\omega$ -9) и

Таблица 3. Соотношение основных сырьевых компонентов теста, %

Table 3. Raw components in dough, %

| Наименование и характеристики сырья  | Рецептурные модели            |                  |                  |                  |                  |                  |
|--|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|  | PM <sub>0</sub><br>(контроль) | PM <sub>10</sub> | PM <sub>20</sub> | PM <sub>30</sub> | PM <sub>40</sub> | PM <sub>50</sub> |
| Мука пшеничная высший сорт   | 63,0                          | 56,7             | 50,4             | 44,1             | 37,8             | 31,5             |
| Толокно ячменное   | –                             | 6,3              | 12,6             | 18,9             | 25,2             | 31,5             |
| Маргарин (массовая доля жира 82 %, содержание твердого жира при температуре 20 °С 16–18 %; НЖК 35 %) | 20,0                          | 20,0             | 20,0             | 20,0             | 20,0             | 20,0             |
| Сахар  | 17,0                          | 17,0             | 17,0             | 17,0             | 17,0             | 17,0             |

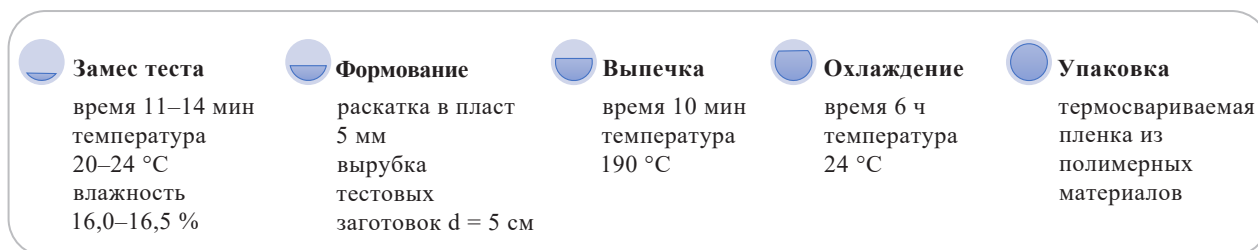


Рисунок 7. Технологическая схема лабораторной выработки рецептурных моделей печенья

Figure 7. Laboratory production of formulation models: technological scheme

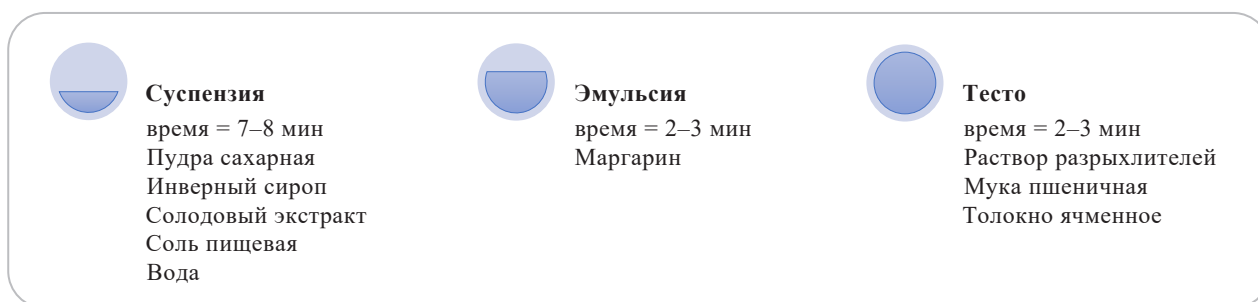


Рисунок 8. Технологическая схема приготовления теста для печенья по трехстадийной технологии

Figure 8. Technological scheme for biscuit dough: a three-stage technology

Таблица 4. Жирнокислотный состав жировой фракции муки пшеничной высшего сорта и толокна ячменного

Table 4. Fatty acid composition: top-grade wheat flour vs. barley tolokno

| Жирная кислота                  | Жирнокислотный состав жировой фракции, % |                  |
|---------------------------------|--|------------------|
|                                 | Мука пшеничная в. с.                     | Толокно ячменное |
| Миристиновая C <sub>14:0</sub>  | 0,2                                      | 0,3              |
| Пальмитиновая C <sub>16:0</sub> | 18,6                                     | 25,4             |
| Стеариновая C <sub>18:0</sub>   | 2,0                                      | 2,1              |
| Олеиновая C <sub>18:1</sub>     | 15,9                                     | 21,1             |
| Линолевая C <sub>18:2</sub>     | 54,0                                     | 46,8             |
| Линоленовая C <sub>18:3</sub>   | 2,6                                      | 0,6              |
| Арахидовая C <sub>20:0</sub>    | 1,2                                      | 2,9              |

меньшим содержанием линолевой кислоты ( $\omega$ -6) по сравнению с пшеничной мукой. Это позволило прогнозировать лучшую сохранность и низкую скорость окислительных процессов в печенье, приготовленном с его использованием.

На процесс получения сахарного печенья влияют физико-химические показатели муки пшеничной [26]. Исследовали качественные характеристики композитных смесей муки и установили основные тенденции их влияния на технологический процесс. Физико-химические показатели смесей в сравнении с мукой хлебопекарной пшеничной высшего сорта представлены в таблице 5.

Введение толокна ячменного в композитные смеси муки привело к изменению их химического состава. По сравнению с МТ<sub>0</sub> в образце МТ<sub>50</sub> наблюда-

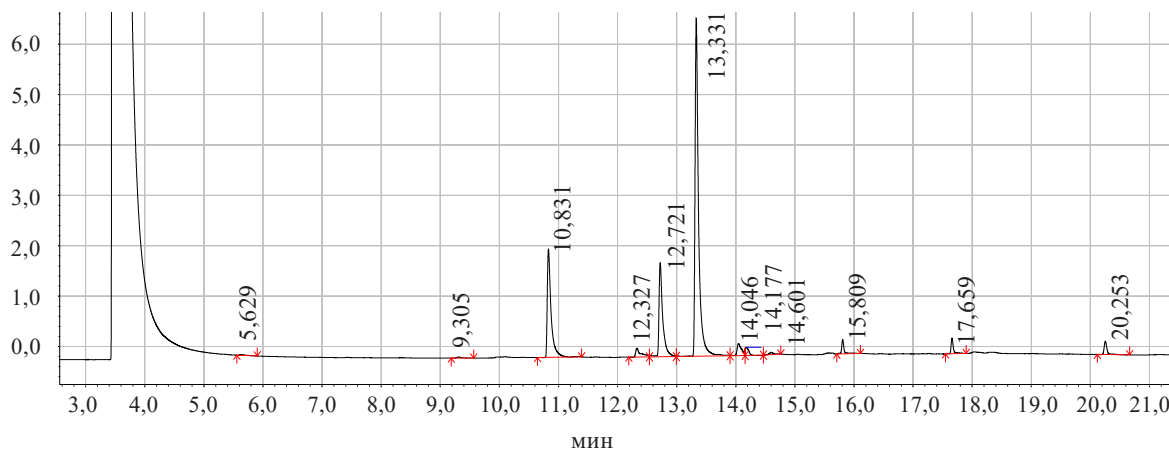


Рисунок 9. Хроматограмма жирных кислот жировой фракции пшеничной муки

Figure 9. Fatty acids in wheat flour fat

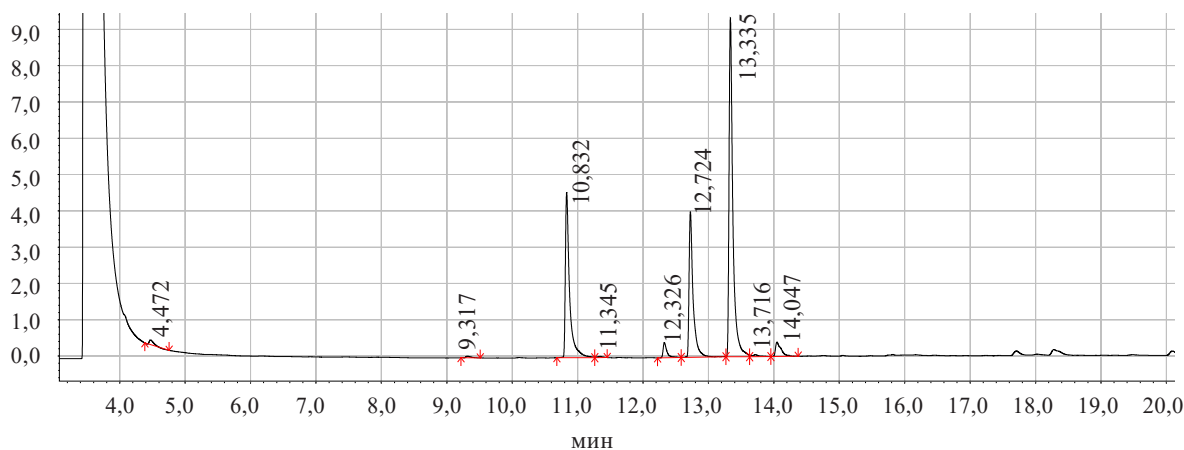


Рисунок 10. Хроматограмма жирных кислот жировой фракции ячменного толокна

Figure 10. Fatty acids in barley tolokno fat

Таблица 5. Физико-химические показатели муки пшеничной высшего сорта ( $MT_0$ ) и композитных смесей муки

Table 5. Physical and chemical parameters: top-grade wheat flour ( $MT_0$ ) vs. composite flour

| Название показателя                   | Композитная смесь муки |           |           |           |           |           |
|---------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                       | $MT_0$                 | $MT_{10}$ | $MT_{20}$ | $MT_{30}$ | $MT_{40}$ | $MT_{50}$ |
| Массовая доля влаги, %                | 10,0                   | 9,8       | 9,7       | 9,7       | 9,6       | 9,6       |
| Массовая доля белка, %                | 11,5                   | 11,7      | 12,0      | 12,2      | 12,6      | 12,8      |
| Массовая доля жира, %                 | 1,4                    | 1,6       | 1,9       | 2,2       | 2,4       | 2,7       |
| Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup> | 676                    | 658       | 617       | 568       | 526       | 481       |
| Массовая доля пищевых волокон, %      | 3,7                    | 5,3       | 6,9       | 8,5       | 10,1      | 11,8      |
| Массовая доля золы, %                 | 0,52                   | 0,58      | 0,64      | 0,70      | 0,76      | 0,83      |

лось увеличение содержания белка на 11 %, жира – в 2 раза, общее количество пищевых волокон – в 3,2 раза.

Одной из базовых технологических характеристик муки как сыпучего материала является ее плотность. Насыпная плотность исследован-

ных образцов, обусловленная размером частиц и характером их взаимодействия, варьировалась в пределах 481–676 кг/м<sup>3</sup>. Насыпная плотность находится в обратной зависимости от размера частиц муки. Наименьшим размером частиц муки характеризовался контрольный образец  $MT_0$



(625 кг/м<sup>3</sup>), наибольшим – МТ<sub>50</sub> (481 кг/м<sup>3</sup>), разница в них составила около 30 %. Высокая дисперсность муки может обуславливать интенсификацию химико-технологических процессов при замесе теста из-за наличия большей активной поверхности для межфазового взаимодействия.

На увеличение массовой доли золы в смесях может оказывать влияние большое количество минеральных веществ в толокне ячменном. Данный фактор может оказывать влияние на функционально-технологические свойства клейковины муки и приводить к снижению качества готовых изделий [27].

Количество белка в муке и его способность образовывать клейковину определенного качества влияют на формирование структуры теста. Для технологической оценки муки большое значение имеет качество клейковины, определяемое совокупностью реологических свойств (растяжимости, упругости, эластичности). Для получения сахарного печенья с высокими качественными характеристиками желательно использовать пшеничную муку со средней или слабой, легко растяжимой и не очень эластичной клейковиной. Изменение количества и качества клейковины, образованной белками пшеницы и ячменя, в композитных смесях муки при введении толокна ячменного представлено на рисунке 11.

Добавление в смеси муки толокна ячменного привело к снижению общего количества сырой клейковины, обусловленному количеством и свойствами проламинов ячменя. По сравнению с мукой пшеничной МТ<sub>0</sub> (28 %) количество клейковины уменьшалось в следующей последовательности: МТ<sub>10</sub> (26,4 %) > МТ<sub>20</sub> (24,7 %) > МТ<sub>30</sub> (23,1 %) > МТ<sub>40</sub> (20,6 %). Снижение количества клейковины может оказывать положительное влияние на

качество готового изделия, создавая оптимальные условия для формирования теста необходимой пластичной структуры. Добавление толокна ячменного привело к изменению качественных характеристик клейковины в смесях. Образцы МТ<sub>0</sub> (75 ед. ИДК), МТ<sub>10</sub> (70 ед. ИДК) и МТ<sub>20</sub> (63 ед. ИДК) имели клейковину I группы, характеризующуюся хорошей эластичностью, умеренной упругостью и средней растяжимостью. Снижение числового значения показателя свидетельствовало об укреплении клейковины. Образцы МТ<sub>30</sub> (42 ед. ИДК) и МТ<sub>40</sub> (40 ед. ИДК) характеризовались крепкой клейковиной II группы с удовлетворительной эластичностью и слабой растяжимостью. Использование пшеничной муки с крепкой клейковиной может отрицательно влиять на качественные характеристики сахарного печенья и приводить к снижению его пористости и рассыпчатости [28]. В данном исследовании клейковина образована белками пшеницы и ячменя, что может изменять ее свойства и не оказывать негативного влияния на качество готового изделия. В образце МТ<sub>50</sub> определение количества клейковины вызвало объективные трудности: она отмывалась в виде отдельных мелких частиц и плохо собиралась в комок, приводя к большим погрешностям в параллельных измерениях. В результате этого данный образец при сравнительных исследованиях количества и качества клейковины не рассматривался.

В процессе тестообразования важную роль играет процесс осмотического набухания низкомолекулярной фракции белков муки (глиадина), при котором происходит увеличение объема ее мицелл, связывание основного количества воды и формирование теста определенной вязкости, эластичности и упругости [28]. С целью прогнозирования основных реологических характеристик теста провели

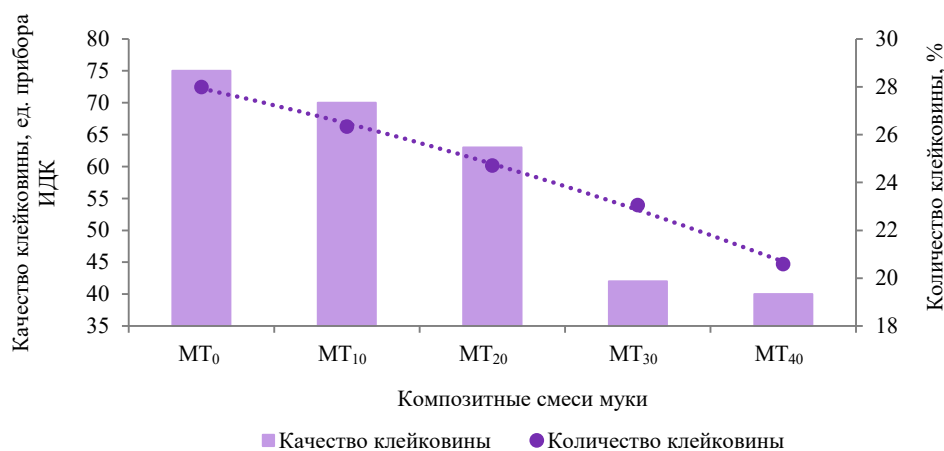


Рисунок 11. Изменение количества и качества клейковины в композитных смесях муки

Figure 11. Quantity and quality of gluten in composite flour

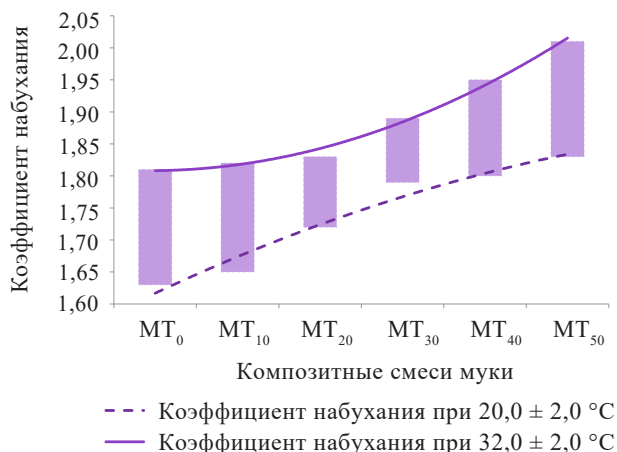


Рисунок 12. Изменение коэффициента набухания композитных смесей муки в зависимости от температуры

Figure 12. Effect of temperature on swelling coefficient of composite flour

исследование коэффициента набухания композитных смесей муки в разных диапазонах температур:  $t_1 = 20,0 \pm 2,0 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $t_2 = 32 \pm 2,0 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 12).

Установлено, что коэффициент набухания находился в прямой зависимости от количества толокна ячменного в смесях муки. Максимальные значения коэффициентов набухания демонстрировал образец  $MT_{50}$ : при  $t_1$  – 1,81, при  $t_2$  – 2,01. Это связано с преобладанием в составе толокна гидрофильных коллоидов, а также могло быть обусловлено синергетическим характером взаимодействия белков и полисахаридов муки и толокна при протекании процесса набухания. Коэффициенты набухания контрольного образца  $MT_0$  (при  $t_1$  – 1,63, при  $t_2$  – 1,81) были ниже в среднем на 10 %. Таким образом, на стадии замеса образцы с толокном ячменным могут потребовать регулирования количества воды для образования теста требуемой консистенции. Установлено, что показатели коэффициента набухания образцов смесей находились в прямой зависимости от их температуры. Минимальные различия числовых значений в исследуемых диапазонах температур наблюдались в образцах  $MT_{20}$  (при  $t_1$  – 1,72, при  $t_2$  – 1,83) и  $MT_{30}$  (при  $t_1$  – 1,79, при  $t_2$  – 1,89).

Важным функциональным свойством в технологии пищевых продуктов является гидрофильные и липофильные свойства коллоидов зерновой муки, обуславливающие их способность вступать во взаимодействие с водой и жиром, что влияет на формирование реологических характеристик теста [29].

Исследована абсорбционная способность (АС) пшеничной муки и композитных смесей по воде ( $AC_B$ ) и жиру ( $AC_{\text{ж}}$ ) – показателям, характери-

зующим максимальное количество воды и жира, которое они могут связать и удержать при взаимодействии (рис. 13).

При увеличении массовой доли толокна ячменного в композитных смесях наблюдалась тенденция увеличения  $AC_B$ : в образце  $MT_{50}$  составила 125 % и превысила значения в остальных образцах на 6 % для  $MT_{40}$ , 15 % для  $MT_{30}$ , 20 % для  $MT_{20}$ , 26 % для  $MT_{10}$  и 35 % для  $MT_0$ . Это можно объяснить наличием в толокне ячменном большего количества гидрофильных коллоидов по сравнению с пшеничной мукой.  $AC_B$  является важной технологической характеристикой, оказывающей влияние на проведение процесса тестообразования и формирование реологических характеристик теста. Поэтому при использовании толокна ячменного в технологии сахарного печенья может потребоваться изменение технологических параметров и корректировка количества воды на стадии замеса.

$AC_{\text{ж}}$  является важным технологическим свойством сыпучего сырья в производстве пищевых продуктов. Высокие значения данного показателя способствуют повышению стабильности изделий, снижению скорости окислительной порчи в процессе хранения и увеличению срока годности. Показатели  $AC_{\text{ж}}$  образцов смесей демонстрировали схожий характер: максимальную липофильную тенденцию имел образец с высоким содержанием толокна ячменного  $MT_{50}$  – 65,7 %, затем следуют  $M_{40}$  (65,1 %) >  $MT_{30}$  (64,8 %) >  $MT_{20}$  (63,3 %) >  $MT_{10}$  (62,8 %) >  $MT_0$  (61,6 %). Можно предположить, что образцы с толокном ячменным будут более эффективно вступать во взаимодействие с жировой фракцией теста и способствовать ее удержанию в процессе хранения печенья.

Вторым этапом настоящей работы стало исследование динамики изменения качественных характеристик и реологических показателей модельных суспензий из композитных смесей муки пшеничной в. с. и толокна ячменного.

При проведении технологических процессов производства многокомпонентных кондитерских систем большое значение имеют их реологические свойства, определяющие реакцию дисперсных систем на внешние механические воздействия. Они являются наиболее показательными как по диапазону возможных изменений, так и по чувствительности к различным видам внешнего воздействия. Одними из важнейших реологических свойств дисперсных систем являются вязкость и текучесть. Следует учитывать, что эти показатели могут изменяться под действием механических факторов в результате изменения напряжения сдвига, скорости деформации и скорости изменения объема структуры [30, 31].

Исследование зависимости эффективной вязкости и предела текучести дисперсной системы с

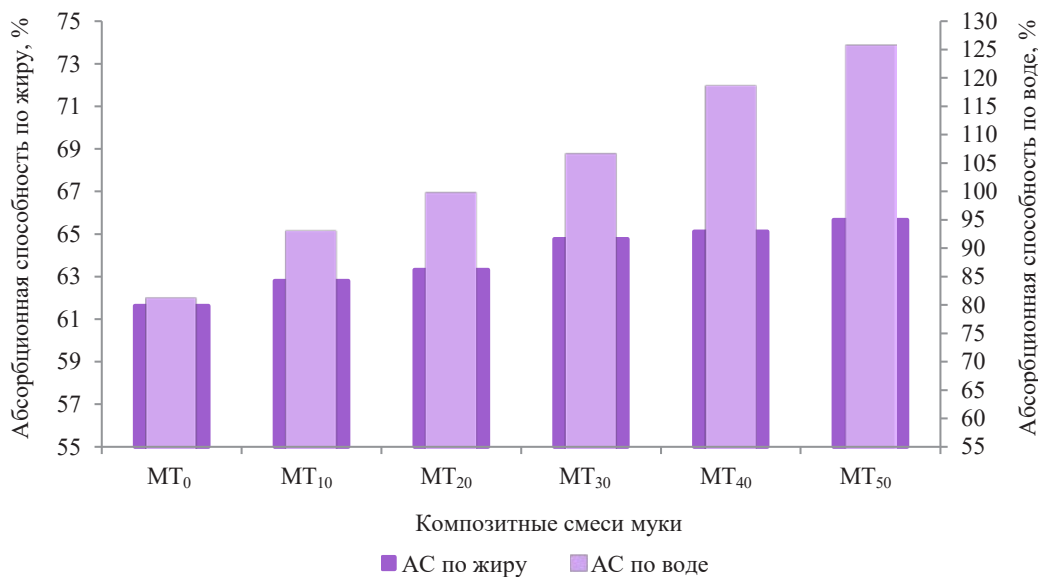


Рисунок 13. Абсорбционная способность композитных смесей муки по воде и жиру

Figure 13. Water and fat absorption capacity of composite flour mixes

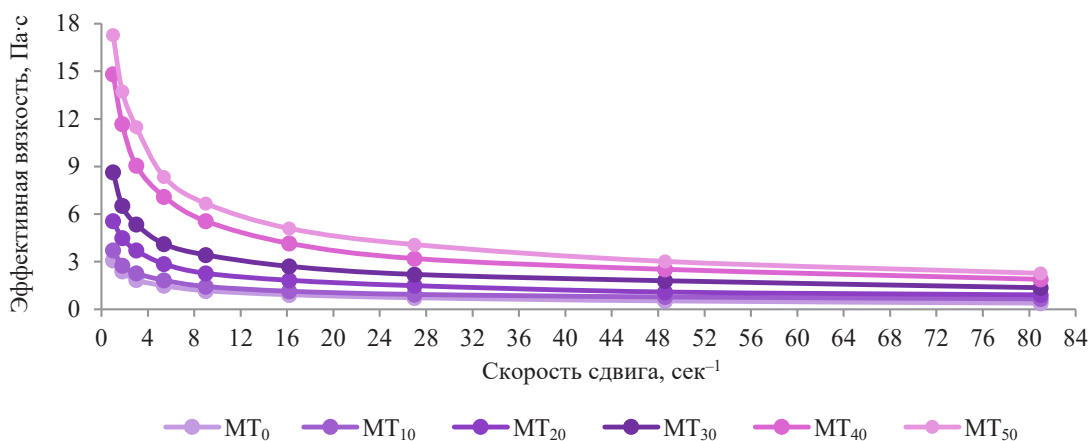


Рисунок 14. Характер зависимости эффективной вязкости модельных суспензий от скорости сдвига

Figure 14. Effect of shear rate on effective viscosity of model suspensions

толокном ячменным от скорости сдвига проводили на модельных суспензиях, состоящих из исследуемой композитной смеси муки и воды. Данный подход исключает влияние других видов сырья (сахара, инвертного сиропа, жира) на величину данных показателей и динамику их изменений, а также позволяет выявить направленность процесса и установить общие тенденции образования коллоидных структур с толокном ячменным. Для интенсификации коллоидных процессов и получения слабоструктурированной системы массовую долю влаги модельных суспензий принимали равной 68,5 %.

Контрольным образцом являлась модельная суспензия с использованием муки пшеничной высшего сорта. Кривые зависимости  $\eta_{\text{эф}} = f(\dot{\gamma})$  представлены на рисунке 14.

При минимальной скорости сдвига, по сравнению с MT<sub>0</sub>, наблюдаюся увеличение показателей вязкости суспензий с толокном ячменным в 5,5 раз для MT<sub>50</sub>, в 4,8 раз для MT<sub>40</sub>, в 2,8 раз для MT<sub>30</sub>, в 1,8 раз для MT<sub>20</sub> и в 1,2 раза для MT<sub>10</sub>, обусловленное наличием в его составе пищевых волокон и водорастворимых полисахаридов, упрочняющих коагуляционную структуру суспензий. Все образцы модельных суспензий демонстрировали сходный характер кривых течения, их вязкость падала с

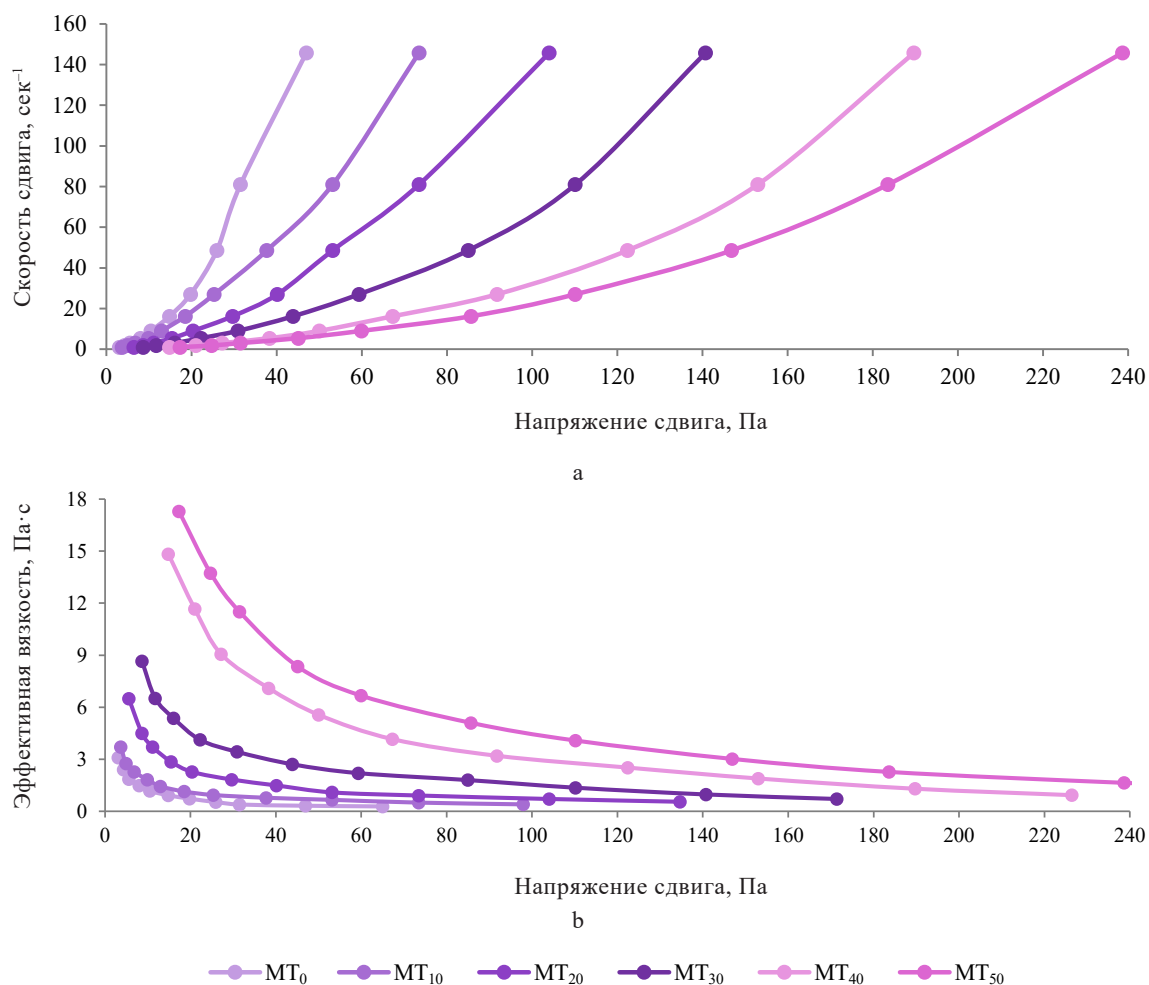


Рисунок 15. Характер полных реологических кривых течения (а) и вязкости (б) модельных суспензий ( $t = 25 \pm 1^\circ\text{C}$ )

Figure 15. Full rheological flow curves (a) and viscosity (b) of model suspensions ( $t = 25 \pm 1^\circ\text{C}$ )

увеличением скорости сдвига. Суспензии со всеми композитными смесями обладали нестойкой структурой, поскольку при повышении скорости сдвига наблюдалось резкое падение его вязкости при изменении малых скоростей. При изменении скорости сдвига от 1 до  $3\text{ с}^{-1}$  вязкость модельных суспензий на всех композитных смесях снижалась почти на 40 %, а при повышении скорости сдвига с 48 до  $50\text{ с}^{-1}$  снижение вязкости составляло около 5 %. При производстве сахарного печенья вязкость теста оказывает влияние на качественное проведение процесса формования на машине роторного типа. Следовательно, при использовании толочка ячменного необходим мониторинг и корректировка данного показателя при необходимости.

Полные реологические кривые течения и вязкости модельных суспензий, полученные в результате проведенных исследований, представлены на рисунке 15.

Течение материалов зависит от его физико-химических особенностей: от формы и расположения молекул, концентрации, температуры и массовой доли влаги [32, 33]. С увеличением концентрации растворенного вещества повышается вязкость среды и изменяется характер ее течения. Полученные в работе кривые течения модельных суспензий были характерны для структурированных систем. При малых скоростях сдвига суспензии имели постоянную максимальную вязкость:  $MT_{50} (17,3\text{ Па}\cdot\text{с}) > MT_{40} (14,8\text{ Па}\cdot\text{с}) > MT_{30} (8,65\text{ Па}\cdot\text{с}) > MT_{20} (5,6\text{ Па}\cdot\text{с}) > MT_{10} (3,7\text{ Па}\cdot\text{с}) > MT_0 (3,1\text{ Па}\cdot\text{с})$ . С повышением скорости сдвига и напряжения происходило постепенное разрушение структуры, и достигалась постоянная конечная вязкость. Это реологическое свойство дисперсных систем объясняют тем, что в неподвижной среде расположение частиц характеризуется хаотичностью, а под действием возрастающих сдвигающих сил происходит ориентация частиц в направлении течения. С повышением скорости

Таблица 6. Качественные характеристики готовых изделий

Table 6. Qualitative characteristics of finished products

| Наименование показателя | Рецептурные модели            |                 |                 |                 |                 |                 |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                         | PM <sub>0</sub><br>(контроль) | PM <sub>1</sub> | PM <sub>2</sub> | PM <sub>3</sub> | PM <sub>4</sub> | PM <sub>5</sub> |
| Массовая доля влаги, %  | 6,4                           | 6,3             | 6,8             | 6,5             | 6,2             | 6,2             |
| Намокаемость, %         | 190                           | 190             | 200             | 221             | 227             | 190             |
| Активность воды         | 0,557                         | 0,408           | 0,382           | 0,360           | 0,323           | 0,310           |

также уменьшается взаимодействие между частицами [32, 33]. У исследованных образцов установлены два предела текучести: условный статический и условный динамический. Наибольший статический предел текучести, являющийся критическим для разрушения структуры напряжением, имел образец МТ<sub>50</sub> (8,5 Па). Это свидетельствовало о большей прочности его пространственной структуры, сформированной коллоидами толокна и муки пшеничной. В остальных образцах показатель статического предела текучести уменьшался по мере снижения количества толокна: МТ<sub>40</sub> (7,5 Па) > МТ<sub>30</sub> (5,0 Па) > МТ<sub>20</sub> (4,0 Па) > МТ<sub>10</sub> (2,0 Па) > МТ<sub>0</sub> (1,0 Па). Устойчивость суспензий с толокном к разрушению подтверждалась величиной динамического предела текучести, после превышения которой происходило резкое разрушение структуры образцов до наименьшего показателя вязкости, соответствующего полностью разрушенной структуре: МТ<sub>50</sub> (30 Па) > МТ<sub>40</sub> (24 Па) > МТ<sub>30</sub> (14 Па) > МТ<sub>20</sub> (10 Па) > МТ<sub>10</sub> (5 Па) > МТ<sub>0</sub> (2,0 Па). С увеличением количества толокна ячменного повышалась разница между показателями максимальной и минимальной вязкости модельных суспензий, что свидетельствовало о постепенном переходе высокомолекулярной системы к свойствам твердообразной структуры. Индекс течения у всех образцов был меньше 1, что характеризовало модельные суспензии с толокном ячменным как не-ньютоновские псевдопластичные системы.

Исследование качественных характеристик и органолептических показателей готовых изделий, выработанных с использованием композитных смесей муки пшеничной в. с. и толокна ячменного, стало третьим этапом исследования. Качественные характеристики готовых изделий представлены в таблице 6.

Значения показателей щелочности и массовой доли золы во всех образцах печенья находились в пределах, регламентируемых ГОСТ 24901.

Одной из составляющих оценки свойств сахарного печенья является его намокаемость, т. е. способность к впитыванию влаги структурой изделия. При введении в рецептуру толокна ячменного наблюдается положительная динамика изменения данного показателя, свидетельствующая об улучшении структуры печенья. Это может быть обусловлено

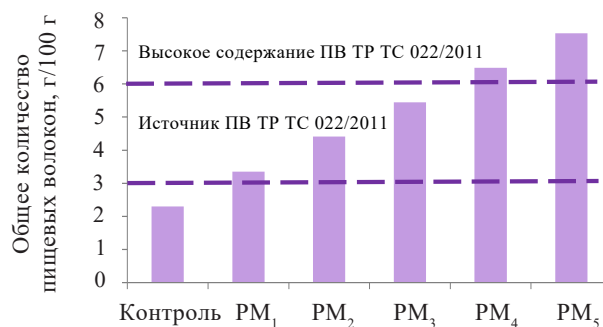


Рисунок 16. Содержание общего количества пищевых волокон в рецептурных моделях печенья

Figure 16. Total dietary fiber content in model formulations

снижением общего количества клейковины муки в изделии, способствующей формированию упруго-вязких свойств теста и отрицательно влияющей на качественные характеристики сахарного печенья.

Существует взаимосвязь между содержанием воды в продуктах питания и скоростью их порчи. Стабильность печенья при хранении связана не с общей массовой долей влаги, а с ее доступностью для участия в химических реакциях, приводящих к ухудшению качества изделия. Количество влаги в продуктах, непосредственно участвующей в различных химических реакциях, характеризует показатель активности воды ( $A_w$ ). Установлена обратная зависимость показателя активности воды печенья от количества толокна ячменного: при увеличении содержания толокна ячменного активность воды печенья уменьшается с 0,557 до 0,310. Это обусловлено связыванием свободной влаги печенья с химическими компонентами толокна ячменного, такими как пищевые волокна и белки.

В работе проведены исследования количества пищевых волокон в печенье с толокном ячменным (рис. 16).

Введение толокна ячменного обеспечило увеличение количества пищевых волокон в готовых изделиях. По сравнению с контрольным образцом (2,3 %) количество пищевых волокон в печенье увеличилось в 1,5 раза для PM<sub>1</sub>, 1,9 раза для PM<sub>2</sub>, 2,4 раза для PM<sub>3</sub>, 2,8 раза для PM<sub>4</sub> и 3,3 раза для PM<sub>5</sub>. Техническим регламентом Таможенного Со-

юза 021/2011 закреплено понятие обогащенной пищевой продукции – это продукция, в которую добавлены пищевые вещества, не присутствующие в ней изначально либо присутствующие в недостаточном количестве или утерянные в процессе производства. Гарантированное изготовителем содержание каждого пищевого вещества, использованного для обогащения, должно быть доведено до уровня источника. В соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011 в продукте, являющимся источником пищевых волокон, должно содержаться не менее 3 г пищевых волокон на 100 г продукта; высокое содержание пищевых волокон – 6 г на 100 г продукта. В связи с этим все образцы печенья с толокном ячменным относились к категории продукции, обогащенной пищевыми волокнами: образцы РМ<sub>1</sub>–РМ<sub>3</sub> являлись источниками пищевых волокон, образцы РМ<sub>4</sub> и РМ<sub>5</sub> имели их высокое содержание.

Периодичность и методы контроля содержания пищевых волокон при производстве обогащенных ими мучных кондитерских изделий должны быть определены и закреплены в нормативной документации производителя. Регламентируемое количество пищевых волокон в обогащенных продуктах должно гарантировано обеспечиваться на конец их срока годности.

Важным аспектом, влияющим на формирование качества и восприятие пищевой продукции, являются органолептические характеристики. В данной работе оценку готовых изделий осуществляли с использованием количественного и качественного методов. При количественном методе тестируемый образец печенья оценили по 5-балльной системе по следующим критериям качества: форма, поверхность, цвет, вид в изломе, запах, вкус и текстура. Результаты исследований представлены на рисунке 17 и в таблице 7.

Результаты органолептических исследований показали, что исследуемые образцы печенья с толокном ячменным имели высокую дегустационную оценку по всем рассматриваемым дескрипторам. В изделиях присутствовал кремово-коричневый оттенок цвета, и наблюдалось усиление его интенсивности по мере увеличения количества толокна. Образец РМ<sub>5</sub> имел приятный светло-коричневый цвет. В образцах РМ<sub>3</sub>–РМ<sub>5</sub> появлялся легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе, без доминирующей ноты, но отличающий образцы от контрольного. Это обусловило снижение данного показателя на 0,25–0,5 балла. Установлено влияние толокна ячменного на текстуру изделия. Начиная с образца РМ<sub>3</sub>, в изделиях появлялась упругость при разжевывании, обусловленная присутствием пищевых волокон, не влияющая отрицательно на органолептическую оценку печенья. Образец РМ<sub>5</sub> характеризовался меньшей рассыпчатостью, несколько рыхлой мягкой структурой, не оказывающей негативного влияния

на восприятие изделия. Образцы с толокном ячменным отличались равномерно развитой выраженной структурой пор. Всеми дегустаторами отмечено положительное восприятие изделий с ячменным толокном, их сбалансированный гармоничный вкус и мягкая разрыхленная текстура.

### Выводы

Толокно ячменное является продуктом переработки цельного зерна ячменя, что обуславливает его высокую питательную ценность, сформированную за счет большого количества пищевых волокон, в том числе водорастворимых  $\beta$ -глюканов,  $\alpha$ -токотриентола, незаменимых аминокислот и ряда других фитохимических веществ.

Введение толокна ячменного в композитные смеси муки привело к изменению их макронутриентного состава: увеличению содержания белка и жира и возрастанию общего количества пищевых волокон. Добавление толокна ячменного в рецептурный состав сахарного печенья приводит к увеличению содержания линолевой и уменьшению линолевой кислот в жировой фракции, что может обуславливать повышение его сохранности по сравнению печеньем, изготовленным с использованием пшеничной муки. Установлено снижение насыпной плотности композитных смесей муки с толокном, что связано с большим размером частиц толокна по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта. Добавление ячменного толокна в композитные смеси муки обусловило снижение общего количества сырой клейковины и изменение ее качественных характеристик. Снижение количества клейковины

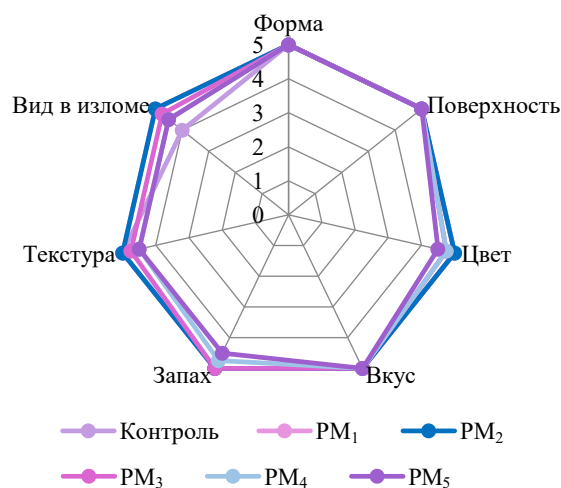


Рисунок 17. Органолептическая оценка контрольного образца и рецептурных моделей печенья с использованием количественного метода

Figure 17. Sensory profile: experimental biscuits with tolokno vs. control

Таблица 7. Органолептическая оценка контрольного образца и рецептурных моделей печенья с использованием качественного метода

Table 7. Sensory evaluation by qualitative method: experimental biscuits with tolokno vs. control

| Наименование показателя | Рецептурные модели   |  |  |  |  |   |
|-------------------------|--|--|--|--|--|---|
|                         | PM <sub>0</sub><br>(контроль)  | PM <sub>1</sub>  | PM <sub>2</sub>  | PM <sub>3</sub>  | PM <sub>4</sub>  | PM <sub>5</sub>   |
| Форма                   | Правильная, круглая, равномерная по всей толщине, без вздутий и повреждений края                         |  |  |  |  |   |
| Поверхность             | Гладкая, ровная, сухая, без трещин и прочих дефектов   |  |  |  |  |   |
| Цвет                    | Равномерный по всему объему изделия, насыщенный светло-соломенный  | Равномерный по всему объему, светло-соломенный со слегка кремовым оттенком                                 | Равномерный по всему объему, соломенный с кремовым оттенком                    | Равномерный по всему объему, соломенный с кремово-коричневым оттенком                              | Равномерный по всему объему, соломенный с коричневым оттенком                                      | Равномерный по всему объему, светло-коричневый  |
| Вкус и запах            | Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные  | Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные, гармоничные                             | Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные, гармоничные | Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе | Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе | Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе              |
| Текстура                | При раскусывании или разламывании рассыпчатая, не требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая |  |  | При раскусывании или разламывании рассыпчатая, при разжевывании несколько упругая                  | При раскусывании или разламывании рассыпчатая, при разжевывании несколько упругая                  | При раскусывании или разламывании слегка рассыпчатая, при разжевывании несколько упругая, рыхлая, мягкая        |
| Вид в изломе            | Пропеченное по всему объему, без пустот и следов непромеса, с равномерной пористостью                    | Пропеченное по всему объему, без пустот и следов непромеса, с равномерно развитой мелкопористой структурой |  |  |  | Пропеченное по всему объему, без пустот и следов непромеса, со среднего размера равномерными выраженными порами |

может выступать положительным фактором при использовании хлебопекарной пшеничной муки в производстве сахарного печенья, способствуя формированию вязко-пластичной структуры теста и получению продукта с требуемыми свойствами и структурой. Исследованные в работе показатели абсорбционной способности композитных смесей по воде и жиру положительно коррелировали с количеством толокна ячменного. Толокно ячменное обеспечивало увеличение вязкости и предела текучести модельных суспензий, обусловленное наличием в его составе пищевых волокон и водорастворимых полисахаридов, упрочняющих их коагуляционную структуру. Введение толокна яч-

менного в рецептуру сахарного печенья, в зависимости от концентрации, приводит к повышению намокаемости и снижению показателя активности воды готовых изделий. Введение толокна ячменного обеспечило увеличение содержания количества пищевых волокон в готовых изделиях. Это позволило отнести такие изделия к категории обогащенной пищевой продукции. Оптимальным количеством для сахарного печенья стало введение 40 % толокна ячменного взамен части муки пшеничной, обеспечивающее сохранение его традиционной сухой рассыпчатой текстуры. Данное количество толокна позволило повысить содержание пищевых волокон в 100 г изделия до 6,5 г и отнести печенье

к категории изделий с их высоким содержанием. Дальнейшее увеличение количества ячменного толокна изменяло текстуру изделия: снижало рассыпчатость, увеличивало мягкость и сдобность. Это не сказывалось отрицательно на приемлемости и органолептических характеристиках образца, но не позволяло отнести его к группе сахарного печенья.

Использование толокна ячменного взамен части муки в рецептуре сахарного печенья открывает широкие перспективы для создания мучных кондитерских изделий, являющихся источником пищевых волокон в соответствии требованиями ТР ТС 022/2011.

#### **Критерии авторства**

С. Ю. Мистенева – 45 %, Н. А. Щербакова – 30 %, Н. Б. Кондратьев – 25 %.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Contribution**

S.Yu. Misteneva – 45%, N.A. Shcherbakova – 30%, N.B. Kondrat'ev – 25%.

#### **Conflict of interest**

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

### **References/Список литературы**

1. Galanakis CM. Functionality of food components and emerging technologies. *Foods*. 2021;10(1). <https://doi.org/10.3390/foods10010128>
2. Martini D, Tucci M, Bradfield J, Di Giorgio A, Marino M, Del Bo' C, *et al.* Principles of sustainable healthy diets in worldwide dietary guidelines: Efforts so far and future perspectives. *Nutrients*. 2021;13(6). <https://doi.org/10.3390/nu13061827>
3. Bakery confectionery market in Russia in 2016–2020, forecast for 2021–2025 Retail structure. Assessing the Impact of the COVID-19 epidemic. Moscow: RBK press; 2021. 125 p. (In Russ.). [Анализ рынка мучных кондитерских изделий в России в 2016–2020 гг, прогноз на 2021–2025 гг. Структура розничной торговли. Оценка влияния коронавируса. М.: РБК пресс, 2021. 125 с.]
4. Goubgou M, Songré-Ouattara LT, Bationo F, Lingani-Sawadogo H, Traoré Y, Savadogo A. Biscuits: A systematic review and meta-analysis of improving the nutritional quality and health benefits. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2021;3. <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00071-z>
5. de Cassia Nogueira A, Steel CJ. Protein enrichment of biscuits: A review. *Food Reviews International*. 2018;34(8):796–809. <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1441299>
6. Swaminathan S, Dehghan M, Raj JM, Thomas T, Rangarajan S, Jenkins D, *et al.* Associations of cereal grains intake with cardiovascular disease and mortality across 21 countries in Prospective Urban and Rural Epidemiology study: Prospective cohort study. *BMJ*. 2021;372. <https://doi.org/10.1136/bmj.m4948>
7. Rico D, Peñas E, García MC, Martínez-Villaluenga C, Rai DK, Birsan RI, *et al.* Sprouted barley flour as a nutritious and functional ingredient. *Foods*. 2020;9(3). <https://doi.org/10.3390/foods9030296>
8. Cereals and wholegrain foods [Internet]. [cited 2022 Apr 26]. Available from: <https://www.betterhealth.vic.gov.au/health/healthyliving/cereals-and-wholegrain-foods>
9. Cena H, Calder PC. Defining a healthy diet: Evidence for the role of contemporary dietary patterns in health and disease. *Nutrients*. 2020;12(2). <https://doi.org/10.3390/nu12020334>
10. Iannucci A, Suriano S, Codianni P. Genetic diversity for agronomic traits and phytochemical compounds in coloured naked barley lines. *Plants*. 2021;10(8). <https://doi.org/10.3390/plants10081575>
11. Idehen E, Tang Y, Sang S. Bioactive phytochemicals in barley. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2017;25(1):148–161. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.08.002>
12. Barber TM, Kabisch S, Pfeiffer AFH, Weickert MO. The health benefits of dietary fibre. *Nutrients*. 2020;12(10). <https://doi.org/10.3390/nu12103209>
13. O'Keefe SJ. The association between dietary fibre deficiency and high-income lifestyle-associated diseases: Burkitt's hypothesis revisited. *The Lancet Gastroenterology and Hepatology*. 2019;4(12):984–996. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(19\)30257-2](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(19)30257-2)
14. Nirmala Prasadi VP, Joye IJ. Dietary fibre from whole grains and their benefits on metabolic health. *Nutrients*. 2020;12(10). <https://doi.org/10.3390/nu12103045>
15. Zurbau A, Noronha JC, Khan TA, Sievenpiper JL, Wolever TMS. The effect of oat  $\beta$ -glucan on postprandial blood glucose and insulin responses: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2021;75:1540–1554. <https://doi.org/10.1038/s41430-021-00875-9>
16. Johnson J, Wallace T. Whole grains and their bioactives: Composition and health. John Wiley and Sons; 2019. 512 p. <https://doi.org/10.1002/9781119129486>



17. Punia Bangar S, Siroha A, Kumar M. Handbook of cereals, pulses, roots, and tubers. Functionality, health benefits, and applications. Boca Raton: CRC Press; 2021. 652 p. <https://doi.org/10.1201/9781003155508>
18. Aoe S. Beta-glucan in foods and health benefits. *Nutrients*. 2021;14(1). <https://doi.org/10.3390/nu14010096>
19. Zehiroglu C, Ozturk Sarikaya SB. The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. *Journal of Food Science and Technology*. 2019;56(11):4757–4774. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03952-x>
20. Adebo OA, Medina-Meza IG. Impact of fermentation on the phenolic compounds and antioxidant activity of whole cereal grains: A mini review. *Molecules*. 2020;25(4). <https://doi.org/10.3390/molecules25040927>
21. Barley Council of Canada (BCC) [Internet]. [cited 2022 Apr 26]. Available from: [https://gobarley.com/wp-content/uploads/2018/03/en-2015-gb\\_ancient\\_grain\\_modern\\_world\\_report\\_p411.pdf](https://gobarley.com/wp-content/uploads/2018/03/en-2015-gb_ancient_grain_modern_world_report_p411.pdf)
22. Zeng Y, Pu X, Du J, Yang X, Li X, Mandal SN, *et al.* Molecular mechanism of functional ingredients in barley to combat human chronic diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2020;2020. <https://doi.org/10.1155/2020/3836172>
23. Kazakov ED, Karpilenko GP. Biochemistry of grain and bakery products. St. Petersburg: GIORД; 2005. 512 p. (In Russ.). [Казиков Е. Д., Карпиленко Г. П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 с.]
24. Chebotarev ON, Shazzo AYU, Martynenko YaF. Technology of flour, cereals, and animal feed. Moscow: MarT, Rostov-on-Don: MarT; 2004. 688 p. (In Russ.). [Чеботарев О. Н., Шаззо А. Ю., Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. М.: МарТ, Ростов-на-Дону: МарТ, 2004. 688 с.]
25. Demchenko EA, Savenkova TV, Mizinchikova II. Effects of oils and fats on the quality characteristics, nutritional value, and storage capacity of cookies. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(4):674–689. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-674-689>
26. Savenkova TV, Soldatova EA, Misteneva SYu, Taleisnik MA. Technological properties of flour and their effect on quality indicators of sugar cookies. *Food Systems*. 2019;2(2):13–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-2-13-19>
27. Cauvain SP, Clark RH. Baking technology and nutrition: Towards a healthier world. John Wiley & Sons; 2019. 222 p.
28. Dragilev AI, Marshalkin GA. Основы кондитерского производства. Moscow: DeLi print; 2005. 531 p. (In Russ.). [Драгилев А. И., Маршалкин Г. А. Основы кондитерского производства. М.: ДеЛи принт, 2005. 531 с.]
29. Dhillon B, Choudhary G, Sodhi NS. A study on physicochemical, antioxidant and microbial properties of germinated wheat flour and its utilization in breads. *Journal of Food Science and Technology*. 2020;57(8):2800–2808. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04311-x>
30. Joyner HS. Rheology of semisolid foods. Cham: Springer; 2019. 413 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27134-3>
31. Norton IT, Spyropoulos F, Cox P. Practical food rheology. An interpretive approach. John Wiley & Sons; 2019. 264 p.
32. Kan J, Chen K. Essentials of food chemistry. Singapore: Springer; 2021. 564 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-0610-6>
33. Fennema OR. Chemistry of food. Edition 2. St. Petersburg: Professiya; 2020. 982 p. (In Russ.). [Феннема О. Р. Химия пищевых продуктов. Издание 2-е. СПб.: Профессия, 2020. 982 с.]