

Научная статья

УДК 664.681.2

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-112-120

## Определение оптимальных параметров процесса выпечки вафельного полуфабриката

Рита Мухамедовна Жилова<sup>✉1</sup>, Лариса Жантемировна Ширитова<sup>2</sup>

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект  
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

<sup>✉1</sup>r.zhilova@list.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3130-5532>

<sup>2</sup>l.shiritova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7598-6550>

**Аннотация.** Вафельное тесто – это суспензия частичек муки, покрытых гидратными оболочками в водной жидкой фазе. Тесто имеет жидкую консистенцию, что дает возможность получить тонкие вафельные листы – основной полуфабрикат вафельного производства. Целью исследования являлось установление оптимального режима выпечки и основных закономерностей тепло- и массообмена коллоидного капиллярно-пористого теста – вафельного полуфабриката. На основании современных достижений теории тепло- и массообмена о формах связи влаги с тестом были установлены основные закономерности переноса энергии в вафельном тесте. Вафельное тесто в первые секунды выпечки получает от греющих поверхностей формы наибольшее количество тепла, что приводит к интенсивному массообмену в контактном слое. По мере выпечки падает интенсивность теплообмена вследствие образования паровой прослойки между вафельным листом и формой, уменьшается фактическая площадь контактирования и массообмен, который в этот период осложняется удалением адсорбционно связанной влаги из слоя, примыкающего к греющей поверхности. В результате исследования установлено, что наилучшими условиями выпечки вафельного полуфабриката являются: температура формы 170 °С, продолжительность процесса около 2 мин; остаточная влажность листов должна быть не ниже 1,5 и не выше 2,5%.

**Ключевые слова:** вафельное тесто, выпечка, теплообмен, массообмен, влага, качество

**Для цитирования:** Жилова Р. М., Ширитова Л. Ж. Определение оптимальных параметров процесса выпечки вафельного полуфабриката // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 112–120. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-112-120

Original article

## Determination of the optimal parameters of the waffle semi-finished product baking process

Rita M. Zhilova<sup>✉1</sup>, Larisa Zh. Shiritova<sup>2</sup>

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue,  
Nalchik, Russia, 360030

<sup>✉1</sup>r.zhilova@list.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3130-5532>

<sup>2</sup>l.shiritova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7598-6550>

**Abstract.** Waffle dough is a suspension of flour particles covered with hydrate shells in an aqueous liquid phase. The dough has a liquid consistency, which makes it possible to produce thin waffle sheets, the main semi-finished product of waffle production. The purpose of this study was to establish the optimal baking regime and the basic patterns of heat and mass transfer in a colloidal capillary-porous dough, which is the main semi-finished product of waffle production. Based on the modern achievements of the theory of heat and mass transfer, the main patterns of energy transfer in waffle dough were established. In the first seconds of baking, the waffle dough receives the greatest amount of heat from the heating surfaces of the mold, which leads to intensive mass transfer in the contact layer. As the baking process progresses, the intensity of heat transfer decreases due to the formation of a vapor layer between the waffle sheet and the mold, which reduces the actual contact area and mass transfer, which is further complicated by the removal of adsorbed moisture from the layer adjacent to the heating surface. Based on these findings, it was determined that the optimal conditions for baking waffle sheets are as follows: the mold temperature should be 170°C, and the baking process should last approximately 2 minutes. The residual moisture content of the sheets should be between 1.5% and 2.5%.

**Keywords:** wafer dough, baking, heat exchange, mass exchange, moisture, quality

**For citation:** Zhilova R.M., Shiritova L.Zh. Determination of the optimal parameters of the waffle semi-finished product baking process. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):112–120. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-112-120

**Введение.** Мучные кондитерские изделия характеризуются высокой энергетической ценностью, приятными органолептическими свойствами (вкус, аромат) и эстетической привлекательностью. Калорийность этих изделий варьируется в диапазоне 3500–6000 ккал на килограмм продукта. Исходная рецептурная композиция, включающая разнообразные компоненты, обуславливает возможность производства широкого ассортимента изделий, насчитывающего свыше 3000 наименований [1–3].

В технологическом процессе производства мучных кондитерских изделий одним из важных этапов является выпечка полуфабрикатов, так как организация оптимального режима выпечки позволяет получить изделия высокого качества. Процесс выпечки вафельного теста отличается большой сложностью и представляет собой комплекс тесно связанных друг с другом явлений, протекающих в самом тесте и на его поверхности [4–6].

**Цель исследования** – определение оптимальных параметров процесса выпечки вафельного полуфабриката, способствующих получению изделий наилучшего качества.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Объектом исследования являлся полуфабрикат из вафельного теста.

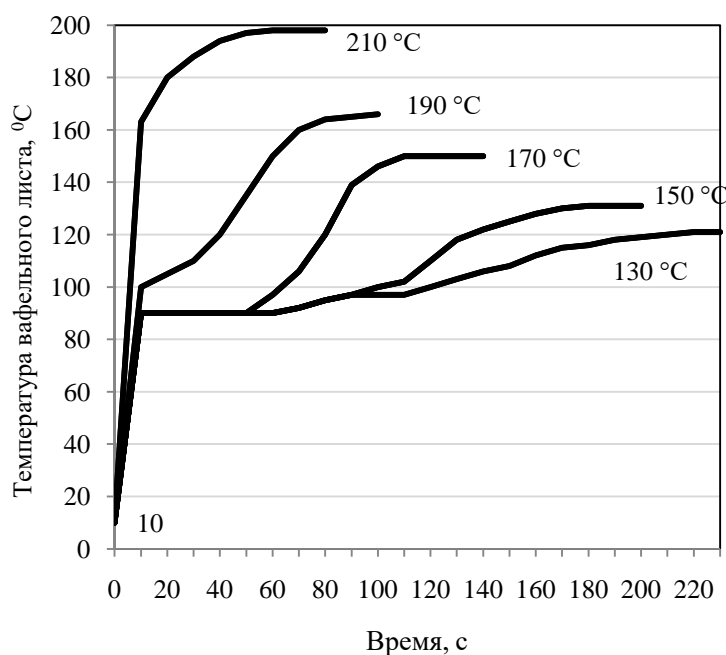
Экспериментальная часть работы проводилась с использованием стандартных методик анализа мучных кондитерских изделий

[1, 2]. Содержание влаги определялось согласно ГОСТ 5900-2014. Реологические свойства теста измерялись на ротационном вискозиметре «Brookfield DV-II+Pro». Текстурные характеристики полуфабриката оценивались инструментально с помощью текстурометра «Brookfield СТЗ».

Все исследования проводились на кафедре технологии продуктов общественного питания и химии ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.

**Результаты исследования.** Технологический процесс выпечки вафельного полуфабриката характеризуется двойным механизмом разрыхления: бурным выделением пара в сочетании с действием химических разрыхлителей (двууглекислого натрия) [7, 8]. При выпечке вафельного полуфабриката происходит значительное удаление влаги, что позволяет рассматривать процесс как комбинированный: выпечка–сушка коллоидного капиллярно-пористого тела. Выпечка осуществляется контактным способом от горячих поверхностей – двух металлических плит с зазором в 2–3 мм. Края форм плотно прижаты друг к другу, и по периметру имеется ряд углублений для удаления влаги и избытка теста [7, 8].

В целях установления оптимального режима выпечки изучалось влияние температуры формы на процесс прогрева теста. Результаты этого эксперимента представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Температурные кривые выпечки вафельных листов  
**Figure 1.** Temperature curves of baking waffle sheets

Полученные температурные кривые показали, что с повышением температуры формы (130, 150, 170, 190, 210 °C) увеличивалась температура вафельного листа в течение всего процесса выпечки.

На рисунке 1 также видно, что прогрев теста в первые 5 с во всех опытах происходит очень интенсивно вне зависимости от температуры формы.

Температурная кривая при 210 °C отличается от остальных кривых, полученных при более низкой температуре вафельной формы, тем, что она имеет только один период постоянства температуры, который наступает в конце выпечки, в то время как другие кривые имеют два периода постоянства температуры – через 5 с от начала выпечки и в конце выпечки. Наличие первого периода является положительным фактором, так как температура листа в этот период выпечки колебалась от 93 до 103 °C (в зависимости от температуры формы), а при этой температуре процесс парообразования происходит интенсивно, и обугливания изделий не наблюдается. Отсутствие первого периода постоянства температуры при 210 °C приводит к резкому повышению температуры листа, которая через 20 с достигает 180 °C, что приводит к подгоранию изделий. Второй период указывает на конец процесса выпечки, и это

совпадает с легким отделением листа от вафельной формы.

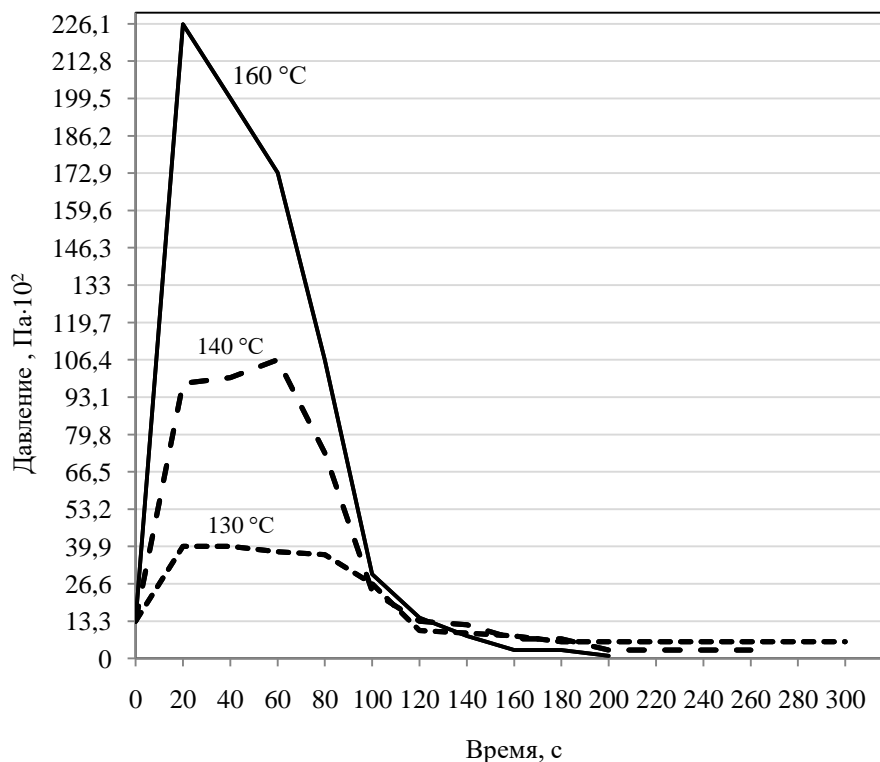
Продолжительность выпечки вафельного листа (рис. 1) значительно сокращается при температуре формы 190–210 °C. Однако это приводит к подгоранию листов. Лучшие результаты достигались при температурах формы от 150 до 170 °C. Полуфабрикат характеризовался хорошим качеством, при этом продолжительность выпечки резко сокращалась.

Исследование процесса выпечки вафельных полуфабрикатов при разных температурах формы показало, что объемная масса вафельных листов с повышением температуры формы уменьшалась. Этому способствовало увеличение разрыхленности листов, которая зависит от давления пара и газов в тесте в процессе выпечки. Изменение давления парогазовой среды вафельного теста в процессе выпечки представлено на рисунке 2.

Установлено, что при температурах формы 130, 140, 160 °C (рис. 2) давление парогазовой смеси в тесте в процессе выпечки изменяется. Например, при постоянной температуре выпечки 160 °C давление парогазовой смеси в тесте очень быстро нарастает и через 20 с от начала выпечки достигает максимума ( $23,1 \cdot 10^3$  Па выше атмосферного). Затем давление в тесте начинает падать вследствие

уменьшения интенсивности массообмена в контактном слое из-за образования паровой прослойки между формой и вафельным листом. Через 60 с от начала выпечки давление

падало еще интенсивнее за счет дальнейшего снижения массообмена в результате удаления из теста адсорбционно связанной влаги.



**Рисунок 2.** Изменение давления парагазовой среды вафельного теста в процессе выпечки  
**Figure 2.** Change in pressure of the vapor-gas medium of the waffle dough during baking

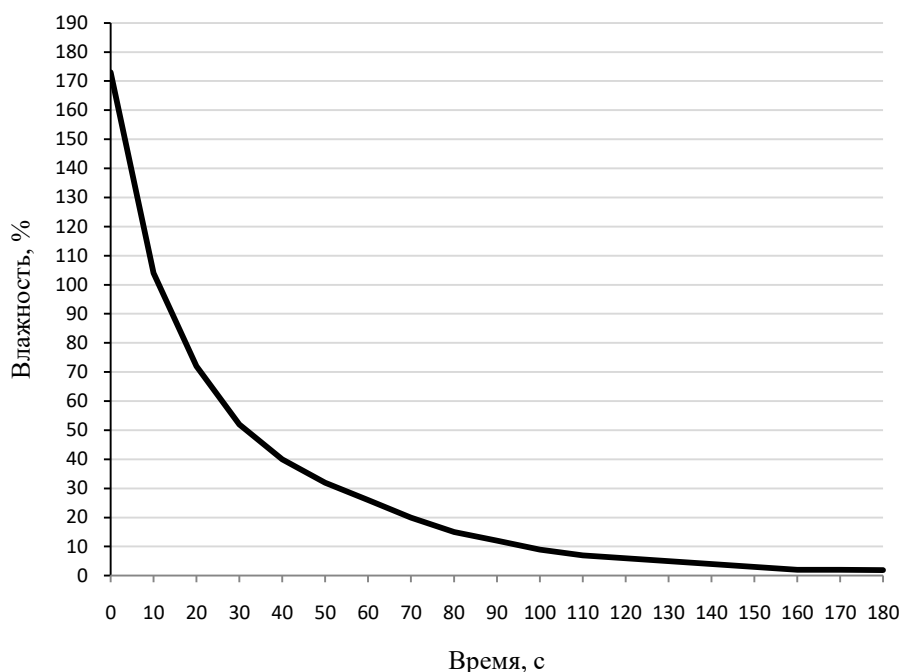
Из рисунка 2 видно, что чем выше температура формы в процессе выпечки, тем больше давление парагазовой смеси в тесте на протяжении всего периода выпечки.

Результаты проведенного исследования показали, что сильная пористость вафельных листов достигается в основном за счет бурного процесса фазового превращения воды в пар во всей массе теста, что приводит к резкому увеличению давления пара в тесте, и в незначительной степени благодаря разложению химических разрыхлителей.

Полученная кривая кинетики выпечки вафельного теста (рис. 3) показывает, что процесс выпечки вафельного листа складывается из двух одновременно протекающих процессов: выпечки и сушки. На кривой влагоотдачи отсутствует участок прогрева теста, что объясняется высокой интенсивностью теплообмена при контактном способе выпечки и небольшой толщиной выпекаемого теста.

Из кривой влагоотдачи видно, что почти весь процесс «выпечка–сушка» характеризуется периодом падающей скорости влагоотдачи и незначительным участком с постоянной скоростью влагоотдачи, который при выпечке других полуфабрикатов для тортов и пирожных составляет большую часть длительности процесса [2].

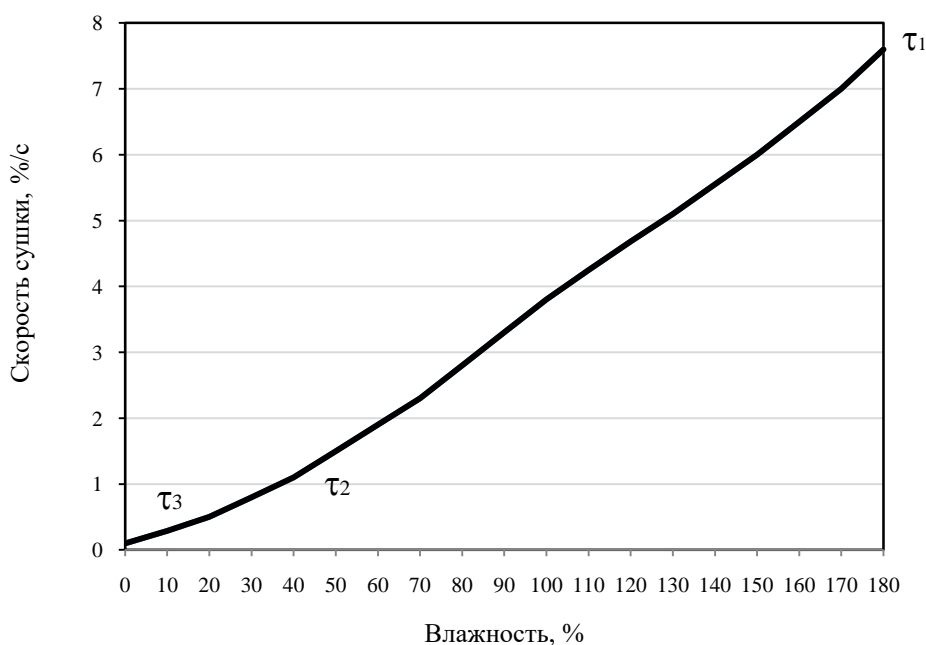
Процесс выпечки вафель имеет свою специфику [8]. На начальном этапе, в первые мгновения контакта с нагретыми поверхностями формы, вафельное тесто подвергается интенсивному тепловому воздействию, что стимулирует активный массообмен в прилегающем слое [8–10]. По мере протекания процесса, эффективность теплопередачи снижается из-за формирования паровой прослойки между вафельным листом и формой. Это приводит к уменьшению площади контакта и замедлению массообменных процессов, которые осложняются необходимостью удаления адсорбционно связанной влаги.



**Рисунок 3.** Кривая кинетики выпечки вафельного теста  
**Figure 3.** Baking kinetics curve of waffle dough

Кривая скорости влагоотдачи (рис. 4), построенная на основании кривой влагоотдачи, также подтверждает характер выпечки в три

периода с преобладающим значением периода с убывающей скоростью.



**Рисунок 4.** Кривая скорости влагоотдачи вафельного теста  
**Figure 4.** Moisture release curve of waffle dough

На этой кривой имеются три критические точки, появление которых объясняется характером связи влаги с материалами и спе-

цифическими условиями процесса «выпечка-сушка». Первая критическая точка  $\tau_1$  разделяет период постоянной и падающей ско-

рости. Вторая критическая точка  $\tau_2$  соответствует влажности 53% и характеризует момент увеличения вязкости теста, что связано с процессами коагуляции белка и клейстеризации крахмала. К этому моменту выпечки наблюдается снижение давления парогазовой смеси в тесте. Эти изменения, происходящие в тесте, способствуют получению определенных размеров вафельного пласта.

После второй критической точки  $\tau_2$  скорость влагоотдачи снижается. Третья критическая точка  $\tau_3$  соответствует влажности 17%. Она характеризует окончание удаления из теста капиллярной и осмотически поглощенной влаги, после чего из теста начинает удаляться адсорбционно связанная влага. Удаление последней приводит к дальнейшему уменьшению скорости влагоотдачи и повышению температуры вафельного листа. В конце процесса выпечки лист достигает равновесной влажности, при этом он легко снимается с вафельной формы, обладает хорошей хрупкостью, что и характеризует момент окончания процесса.

Таким образом, анализ экспериментальных кривых кинетики нагрева и выпечки, а также скорости влагоотдачи показал, что процесс выпечки вафельных полуфабрикатов протекает в несколько периодов. Первый период  $\tau_1$  постоянной скорости влагоотдачи очень незначителен и составляет всего несколько секунд; при значительном повышении температуры листа скорость повышения его температуры зависит от температуры греющей поверхности. Второй период убывающей скорости влагоотдачи характеризуется наличием двух критических точек ( $\tau_1$  и  $\tau_2$ ). Сравнение соответствующих кривых выпечки вафельного листа показывает, что периодичность процессов имеет качественные и количественные различия между ними, которые определяются методами подвода тепла, что отражается на тепло- и массопереносе.

Полученные результаты исследования позволяют наметить пути рациональных затрат тепла в процессе выпечки. В первой половине выпечки подвод тепла должен быть максимальным, потому что выпечка сопровождается наибольшей влагоотдачей. Во второй половине выпечки, когда происходит удаление адсорбционно связанной влаги, затраты тепла следует уменьшить, так как интенсивный подвод тепла приводит к обугливанию изделий в результате резкого повышения температуры поверхности листа, примыкающего к вафельной форме.

При выпечке на существующих конвейерных вафельных печах с односторонним обогревом трудно получить ровные листы. Коробление листа в первую минуту после выпечки достигает 26 мм [10, 11].

Установлено, что причиной коробления листа в первую минуту после выпечки является наличие значительного градиента влажности в вафельном листе в конце выпечки между отдельными зонами листа. Для получения почти ровных листов их следует выпекать до влажности от 1,5 до 2,5%, что обеспечивает незначительный градиент влажности между отдельными зонами листа.

Наиболее рациональным следует считать выпечку вафельных листов при двустороннем обогреве формы. Это способствует лучшему отделению листов от формы, сокращению времени выпечки и получению ровных листов сразу после выпечки.

**Выводы.** В результате проведенного исследования установлено, что наиболее оптимальными параметрами процесса выпечки вафельного полуфабриката являются: температура формы 170 °С, продолжительность процесса 2 мин; остаточная влажность – не ниже 1,5 и не выше 2,5%.

### Список литературы

1. Саломатов А. С., Зубач Д. С. Современные требования к разработке мучных кондитерских изделий // Научные вестн. 2019. № 2(7). С. 172–175. EDN: YXLINV
2. Технология мучных кондитерских изделий: учебное пособие / Г. А. Сидоренко, В. П. Попов, Т. М. Крахмалева, А. Г. Белов. Оренбург: Изд-во Оренбургского государственного университета, 2024. 100 с. ISBN: 978-5-7410-3243-5. EDN: MSKMJU
3. Железнякова А. В., Угрюмова Е. А. Виды теста для производства мучных кондитерских изделий // Исследования молодых ученых: материалы студенческой международной научно-практической кон-

ференции. Курск: Изд-во Курского института кооперации АНО «Белгородский университет кооперации, экономики и права», 2021. С. 54–57. EDN: KYERKE

4. Фединишина Е. Ю., Игнатова А. А., Елисеева С. А. Разработка мучных кондитерских изделий функциональной направленности // Здоровое питание и нутриционная поддержка: медицина, образование, инновационные технологии: сборник материалов XV Всероссийского форума. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское региональное отделение общественной организации «Союз педиатров России», 2020. С. 47–50. EDN: ZRIGIG

5. Совершенствование технологии и рецептур полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий / Б. А. Нехай, М. Ю. Тамова, Е. В. Барашкина, И. Ю. Котенко // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века: материалы VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию со дня основания Кубанского государственного технологического университета. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2023. С. 321–329. EDN: GQATMZ

6. Баева А. А., Джабоева А. С., Гагулаев В. В. Влияние пасты из айвы на физико-химические и пищевые показатели качества полуфабрикатов из песочного теста // Развитие науки и техники: механизм выбора и реализации приоритетов: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Уфа: Аэтерна, 2019. С. 30–32. EDN: ZGYBEL

7. Крюк Р. В., Глушак С. В. Совершенствование процесса приготовления теста вафельного // Пищевые инновации в биотехнологии: сборник тезисов VI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. Т. 1. С. 45–46. EDN: XPMNHV

8. Журавлев А. А., Плотникова И. В., Шевякова Т. А. Исследование реологических свойств вафельного теста // Материалы XLIV отчетной научной конференции за 2005 год. Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2006. Ч. 1. С. 94–95. EDN: VSJGFF

9. Гришина В. Е., Анистратова О. В., Альшевская М. Н. Изучение реологических характеристик теста для производства бельгийских вафель // Балтийский морской форум: материалы XIII Международного Балтийского морского форума: в 6 томах. XII Национальная научная конференция. Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2025. С. 53–61. EDN: BVEFPQ

10. Румянцева В. В., Юрченко Т. И. Технология вафельных листов на основе нетрадиционных видов растительного сырья // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2024. № 4(87). С. 36–39. DOI: 10.33979/2219-8466-2024-87-4-36-39. EDN: EGIMLE

11. Красина И. Б. Филиппова Е. В., Тарасенко Н. А. Технологические аспекты обогащения вафельных листов функциональными ингредиентами // Пищевая наука и технология. 2013. Т. 22. № 1. С. 28–30. EDN: XIKUZD

## References

1. Salomatov A.S., Zubach D.S. Modern requirements for the development of flour confectionery. *Nauchnye vesti*. 2019;2(7):172–175. (In Russ.). EDN: YXLINV

2. Sidorenko G.A., Popov V.P., Krakhmaleva T.M., Belov A.G. *Tekhnologiya muchnyh konditerskih izdelij: uchebnoe posobie* [Technology of flour confectionery products: a tutorial]. Orenburg: Izd-vo Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2024. 100 p. ISBN: 978-5-7410-3243-5. (In Russ.). EDN: MSKMJU

3. Zheleznyakova A.V., Ugryumova E.A. Types of types for production of pastic pastry products. *Issledovaniya molodyh uchenyh: materialy studencheskoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Research by young scientists: Proceedings of the international student scientific and practical conference]. Kursk: Kurskij institut kooperacii ANO «Belgorodskij universitet kooperacii, ekonomiki i prava», 2021. Pp. 54–57. (In Russ.). EDN: KYERKE

4. Fedinishina E.Yu., Ignatova A.A., Eliseeva S.A. Development of functional flour confectionery products. *Zdorovoe pitanie i nutricionnaya podderzhka: medicina, obrazovanie, innovacionnye tekhnologii. Sbornik materialov XV Vserossijskogo foruma* [Healthy nutrition and nutritional support: medicine, education, innovative technologies. Collection of materials from the XV All-Russian Forum]. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskoe regional'noe otdelenie obshchestvennoj organizacii «Soyuz pediatrov Rossii», 2020. Pp. 47–50. (In Russ.). EDN: ZRIGIG

5. Nekhay B.A., Tamova M.Yu., Barashkina E.V., Kotenko I.Yu. Improving the technology and recipes of semi-finished products for flour confectionery. *Hlebobulochnye, konditerskie i makaronnye izdeliya XXI veka: materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 105-letiyu so dnya*

*osnovaniya Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bakery, confectionery and pasta products of the XXI century: Proceedings of the VIII International scientific and practical conference dedicated to the 105th anniversary of the founding of the Kuban State Technological University]. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 2023. Pp. 321–329. (In Russ.). EDN: GQATMZ

6. Baeva A.A., Dzhaboeva A.S., Gagulayev V.V. The influence of quince paste on the physicochemical and nutritional quality indicators of semi-finished shortcrust pastry products. *Razvitie nauki i tekhniki: mekhanizm vybora i realizacii prioritetov: Sbornik statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. [Development of science and technology: mechanism for selecting and implementing priorities: Collection of articles from the All-Russian scientific and practical conference]. Ufa: Aeterna, 2019. Pp. 30–32. (In Russ.). EDN: ZGYBEL

7. Kryuk R.V., Glushak S.V. Improving the process of preparing wafer dough. *Pishchevye innovacii v biotekhnologii: Sbornik tezisev VI Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh* [Food innovations in biotechnology: Collection of abstracts of the VI International scientific conference of students, graduate students and young scientists]. Kemerovo: Kemerovskij gosudarstvennyj universitet, 2018. Vol. 1. Pp. 45–46. (In Russ.). EDN: XPMNHV

8. Zhuravlev A.A., Plotnikova I.V., Shevyakova T.A. Study of rheological properties of wafer dough. *Materialy XLIV otchetnoj nauchnoj konferencii za 2005 god* [Proceedings of the XLIV reporting scientific conference for 2005]. Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2006. Part 1. Pp. 94–95. (In Russ.). EDN: VSJGFF

9. Grishina V.Ye., Anistratova O.V., Alshevskaya M.N. Study of rheological characteristics of batter for belgian waffle production. *Baltijskij morskoy forum. Materialy XIII Mezhdunarodnogo Baltijskogo morskogo foruma: v 6 tomah. XII Nacional'naya nauchnaya konferenciya* [Baltic Maritime Forum. Proceedings of the XIII International Baltic Maritime Forum: in 6 volumes. XII National Scientific Conference]. Kaliningrad: Kaliningradskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2025. Pp. 53–61. (In Russ.). EDN: BVEFPQ

10. Rumyantseva V.V., Yurchenko T.I. Technology of waffer sheets based on non-traditional types of plant raw materials. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*. 2024;4(87):36–39. (In Russ.). DOI: 10.33979/2219-8466-2024-87-4-36-39. EDN: EGIMLE

11. Krasina I.B., Filippova E.V., Tarasenko N.A. *Tekhnologicheskie aspekty obogashcheniya vafel'nyh listov funkcional'nymi ingredientami* [Technological aspects of enrichment of wafer sheets with functional ingredients]. *Food science and technology*. 2013;22(1):28–30. (In Russ.). EDN: XIKUZD

---

#### Сведения об авторах

**Жилова Рита Мухамедовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4954-0259

**Ширитова Лариса Жантемировна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 4393-1731

#### Information about the authors

**Rita M. Zhilova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Public Catering Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4954-0259

**Larisa Zh. Shiritova** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Public Catering Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4393-1731

**Авторский вклад.** Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

**Author's contribution.** All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare that there is no conflict of interest.

---

*Статья поступила в редакцию 18.05.2026;  
одобрена после рецензирования 05.06.2026;  
принята к публикации 11.06.2026.*

*The article was submitted 18.05.2026;  
approved after reviewing 05.06.2026;  
accepted for publication 11.06.2026.*