

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ / ELECTROTECHNOLOGIES AND ELECTRICAL EQUIPMENT IN AGRICULTURE

УДК 664.65.05

DOI: 10.15507/2658-4123.031.202102.291-303

Оригинальная статья

Описание новой методики приготовления хлебобулочных изделий из пшенично-ржаной муки на закваске

И. Ю. Шелехов*ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский
технический университет» (г. Иркутск, Российская
Федерация)**promteplo@yandex.ru*

Введение. В статье представлены результаты исследования по применению различных методов термообработки хлебобулочных изделий. Показано, что инфракрасный метод является одним из перспективных при термообработке. Проведенный анализ демонстрирует, что при комбинировании различных способов термообработки у продуктов сохраняются потребительские качества и уменьшается время технологического цикла. Автором предлагается применение метода термического воздействия в индустрии быстрого питания.

Материалы и методы. Предметом исследования является новый способ термической обработки хлебобулочных изделий из пшенично-ржаной муки с использованием инфракрасного излучения. Для исследования был изготовлен нагревательный блок (патент на полезную модель № 199820). Были установлены нагревательные элементы, изготовленные по технологии сеткотрафаретной печати, управление и контроль нагревательными элементами осуществлялся с помощью ПИД-регулятора марки ТРМ 148-Т с интерфейсом RS-485.

Результаты исследования. В статье показано, что с помощью данного метода можно создавать равномерное поле нагрева продукта. Приводятся результаты исследований управления температурными режимами приготовления хлебобулочных изделий. Показано, что время приготовления хлебобулочных изделий сократилось более чем на 25 %, при этом потребительские качества продукта не изменились.

Обсуждение и заключение. Исследования показали, что применение описанного способа термической обработки открывает новые возможности в индустрии быстрого питания и других отраслях народного хозяйства. Результаты показали, что при наборе экспериментальных данных метод можно применить в индивидуальном секторе и осуществить интеллектуализацию процесса приготовления различных продуктов питания.

© Шелехов И. Ю., 2021

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Ключевые слова: инфракрасный нагревательный элемент, пшенично-ржаной хлеб, термообработка, равномерное температурное поле, индустрия быстрого питания, потребительские свойства

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шелехов, И. Ю. Описание новой методики приготовления хлебобулочных изделий из пшенично-ржаной муки на закваске / И. Ю. Шелехов. – DOI [10.15507/2658-4123.031.202102.291-303](https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.291-303) // Инженерные технологии и системы. – 2021. – Т. 31, № 2. – С. 291–303.

Original article

Description of a New Methodology for Baking Products from Wheat and Rye Flour by the Sour Dough Method

I. Yu. Shelekhov

Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk, Russian Federation)

promteplo@yandex.ru

Introduction. The article presents the results of a study of using various methods for thermal processing of bakery products. It is shown that the infrared method is one of the most promising methods of heat treatment. The analysis showed that when combining different methods of heat treatment, the products retain their consumer qualities and the time of the technological cycle is reduced. The author proposes to use the method of thermal processing in the fast food industry.

Materials and Methods. The subject of the study is a new method of thermal processing of bakery products made from wheat-rye flour using infrared radiation. For the study, a heating unit was manufactured in accordance with the patent for utility model No. 199820, where heating elements made using the grid-screen printing technology were installed; the performance of heating elements was controlled by a device with a PID controller of the TRM 148-T brand with an RS-485 interface.

Results. The article shows that this method can be used to create a uniform product heating. The results of studies on the control of temperature conditions for baking bread are presented. It has been shown that the time of baking bread decreased by more than 25%, while the consumer quality of the product did not change.

Discussion and Conclusion. The studies have shown that the use of the method for thermal processing opens up new opportunities for the fast food industry and other sectors of the national economy. The results of the study showed that together with a set of experimental data, this method will be possible to use in the individual sector and to carry out the intellectualization of the process of preparing various food products.

Keywords: infrared heating element, wheat and rye bread, heat treatment, uniform temperature field, fast food industry, consumer properties

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

For citation: Shelekhov I.Yu. Description of a New Methodology for Baking Products from Wheat and Rye Flour by the Sour Dough Method. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2021; 31(2):291-303. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.291-303>

Введение

В кулинарном производстве процесс приготовления хлебобулочных изделий относится к разряду сложных физико-химических процессов и зависит от множества различных факторов, в том числе от технологического оборудования и способа термического воздействия. В зависимости от способов термического воздействия на готовящийся продукт меняются его потребительские качества, а также количество энергетических затрат. Исследования и внедрение новых способов термического воздействия на продукты питания будут положительно влиять на степень эффективности выпечки хлеба и доступность качественного продукта массовому потребителю.

Хлебобулочные изделия играют важную роль в индустрии быстрого питания. Потребительское качество, время приготовления определяются технологическими режимами и применяемым оборудованием. Совершенствование и оптимизация технологических режимов в данной отрасли осуществляется в основном за счет внедрения систем автоматизации и применения программируемых устройств без изменения метода термического воздействия, при этом особое внимание уделяется инфракрасному методу [1]. Опыт мастеров кулинарного искусства демонстрирует преимущество инфракрасного метода приготовления продуктов питания, а системы автоматизации помогают распространить этот опыт в индустрии [2]. Для быстрого питания инновации в области оптимизации алгоритмов управления технологическими процессами являются приоритетом, так как при обработке продуктов инфракрасным излучением различной интенсивности, в совокупности с другими термическими процессами, у продукта появляются новые потребительские свойства, что позволяет расширять ассортимент выпускаемой продукции [3].

В отличие от всех других методов термического воздействия на продукты питания спектр воздействия инфракрасного излучения на любой продукт зависит от его состава и структуры. В нашем исследовании мы предлагаем осуществить воздействие инфракрасным излучением волн различной длины на продукт. Количество энергии $Q(t)$, необходимое для приготовления продукта, определяется его теплоемкостью, а время приготовления зависит от площади теплопередачи и коэффициента теплопроводности. В случае с инфракрасным излучением немаловажную роль играют три физических параметра: длина волны, интенсивность и площадь излучения. От длины волны зависит глубина проникновения тепловой энергии. Интенсивность воздействия влияет на величину передаваемой энергии в заданный объем продукта. При увеличении интенсивности с одной и той же площади мы получаем большее количество энергии, которое обеспечивает приготовление наружных и внутренних слоев продукта. Чтобы добиться необходимого качества изделия из пшенично-ржаной муки на закваске, важно обеспечить равномерное температурное поле за счет интенсивности инфракрасного излучения с различными значениями длин волн с заданной площади нагрева. Для применения новой методики термического воздействия в индустрии быстрого питания необходимо также обеспечить управление технологическими режимами при изменении объема готовящегося продукта.

Обзор литературы

Обзор литературы показывает, что среди научных работ в данном направлении особое место занимают исследования, связанные с созданием различных композиций зерновых культур для понижения количества глютена, для придания более высоких потребительских свойств в состав добавляются различные пищевые добавки [4–7]. Ученые

отмечают, что формирование продукта перед термообработкой должно сопровождаться приданием определенных реологических свойств, которые благоприятно будут влиять на процесс теплопередачи, а значит, и на процесс термообработки¹ [8–10]. Термообработка продукта – это процесс, во время которого продукт доводится до готовности и ему придаются основные потребительские свойства. Изучается непосредственный отклик на любое термическое воздействие, которое может повлиять на технологический процесс [11].

Основными факторами, влияющими на сохранение потребительских качеств, являются состав и способ термообработки. Исследования в области микробиологических и физико-химических свойств показали, что при одинаково высоком качестве получаемого продукта, в котором содержатся полезные свойства биологически активных веществ, бывших в исходном сырье, их сохранение осуществляется в зависимости от применяемого технологического режима термообработки, при этом выявлено, что определяющим фактором является равномерное температурное воздействие как на площадь, так и на объем продукта [12].

Работы в данном научном направлении ведут многие российские и зарубежные исследователи. С помощью конструктивных решений они пытаются расширить функциональные возможности имеющихся нагревательных элементов инфракрасного действия. Основная задача сводится к увеличению площади равномерного воздействия инфракрасного излучения на изготавливаемый продукт. В основном это достигается включением

в конструкцию дополнительных экранов и отражателей или применением промежуточных материалов с большим коэффициентом теплоемкости [13; 14]. Инфракрасный нагрев хорошо зарекомендовал себя при приготовлении замороженных продуктов. В данном случае он помогает сохранить не только энергетическую ценность продуктов, но и вкусовые качества после замораживания полуфабрикатов при приготовлении хлебобулочных изделий.

Большой вклад в данном научном направлении делается российскими учеными, которые ведут работы по созданию безынерционных систем для выпечки хлеба с учетом сложного биохимического процесса, который происходит в продукте от начальной до конечной стадии изготовления [15; 16]. Ученые описывают электроконтактный способ приготовления хлеба, указывая на тот факт, что при управлении скоростью прогрева слоев продукта можно максимально сохранить полезные свойства и вкусовые качества. Сравнительные характеристики, которые приводят ученые, показывают, что данный контактный способ превосходит традиционный радиационно-конвекционный, который используется в большинстве хлебопекарных производств [17]. В работах зарубежных авторов также показано, что процесс выпечки и уpek хлеба определяются равномерностью распределения температурного поля и скоростью регулирования температуры [18].

Особо хочется отметить результаты натурных исследований, которые показывают, что в создании конвейерных технологий переработки сельскохозяйственных продуктов, а именно хлебобулочных изделий, определяющими являются технология термического

¹ **Kaplan S. L.** Good Bread Is Back: A Contemporary History of French Bread, the Way It Is Made, and the People Who Make It. Durham. London: Duke University Press, 2006. 384 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/37720453_Good_bread_is_back_a_contemporary_history_of_French_bread_the_way_it_is_made_and_the_people_who_make_it (дата обращения: 10.03.2021).

воздействия и конструкции нагревательных элементов [19].

Многие ученые указывают на то, что необходима разработка альтернативных ускоренных способов производства, при которых повысятся качество и физиологическая полноценность хлеба как традиционного продукта питания, включая общую теорию равномерного распределения инфракрасных волн при готовке продуктов [20–22].

Материалы и методы

Для исследования была взята рецептура хлебобулочного изделия из пшенично-ржаной муки на закваске «Домашний хлеб». Он подается к блюдам в одном из ресторанов итальянской кухни г. Иркутска. Оговоримся, что в классическом понимании хлебом может называться изделие весом больше 500 г. Исследуемый объект весит 125 г, но по рецепту является итальянским хлебом кафоне. Хлебобулочное изделие в миниатюрной форме готовится без добавок, имеет округлую форму.

Многие производители стараются изменить рецептуру и способ приготовления для увеличения производительности и снижения себестоимости продукта [23]. Продукция данного ресторана не является исключением: у кафоне мучная база готовится на основе старого или оставленного после предыдущей выпечки теста, используется закваска из ржаной муки. Изделие выпекается при 180 °С в увлажненной духовке 1 ч, предварительно их выкладывают на противень и дают подняться.

Для выпекания изделий использовалась стандартная духовка марки Gorenje, в которой были удалены штатные нагревательные элементы и установлены нагревательные блоки инфракрасного действия, изготовленные в соответствии с патентом на полезную модель № 199820 [24]. Нагревательные элементы для блоков изготавливались по технологии сеткотрафаретной печати

(патент № 2463748) [25]. Нагревательные блоки были расположены в два ряда, в каждом ряду по четыре нагревательных элемента (рис. 1), два горизонтальных 4 и два вертикальных 5. В общей сложности в печи устанавливаются 8 нагревательных элементов.

Данные нагревательные элементы, в зависимости от технологического цикла, можно подключать совместно или автономно, создавая необходимое температурное поле для приготовления продукта.

Продукт может быть различного размера: на рисунке 1 показан минимальный 1, средний 2 и большой 3. Для создания равномерного поля на маленьком пространстве задействованы греющие слои у горизонтальных нагревателей из области RT , а у вертикальных ZV . Соответственно, равномерное поле на среднем размере обеспечивается областями QO и YI , а на большом размере областями PW и XJ .

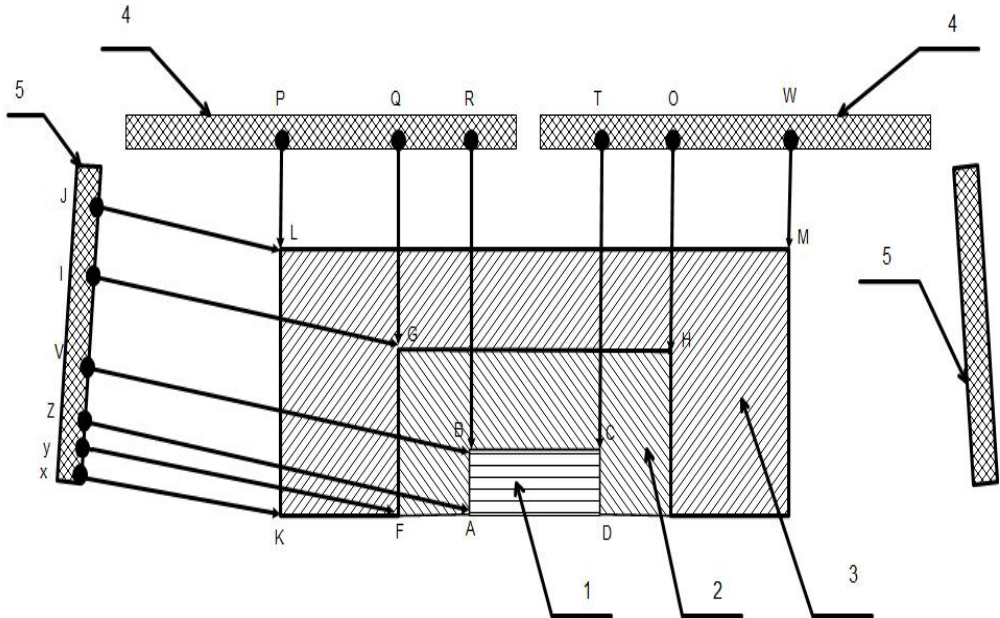
Для управления греющими слоями был использован прибор с ПИД-регулятором температуры ТРМ 148-Т с интерфейсом RS-485, время воздействия установленной температурой контролируется таймером.

В процессе экспериментов отслеживалась температура на нагревательных элементах, а для оптимизации технологических параметров – температура в готовящемся продукте.

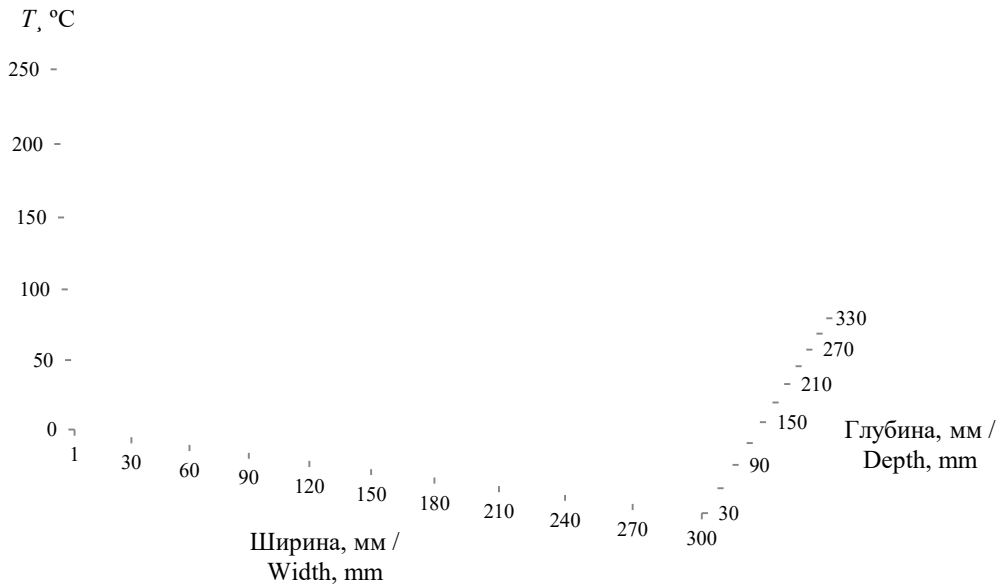
Результаты исследования

Контроль температурных параметров в печи показал, что путем изменения конфигурации подключения нагревательных элементов и контроля выделяемой мощности можно создавать равномерное распределение температурного поля необходимого размера.

На рисунке 2 показано минимальное распределение температурного поля при потреблении 400 Вт, отклонение от заданного интервала ± 5 °С на площади 200 см².



Р и с. 1. Модель воздействия нагревателей инфракрасного действия на изготавливаемый продукт
 F i g. 1. Model of the effect of infrared heaters on the prepared product



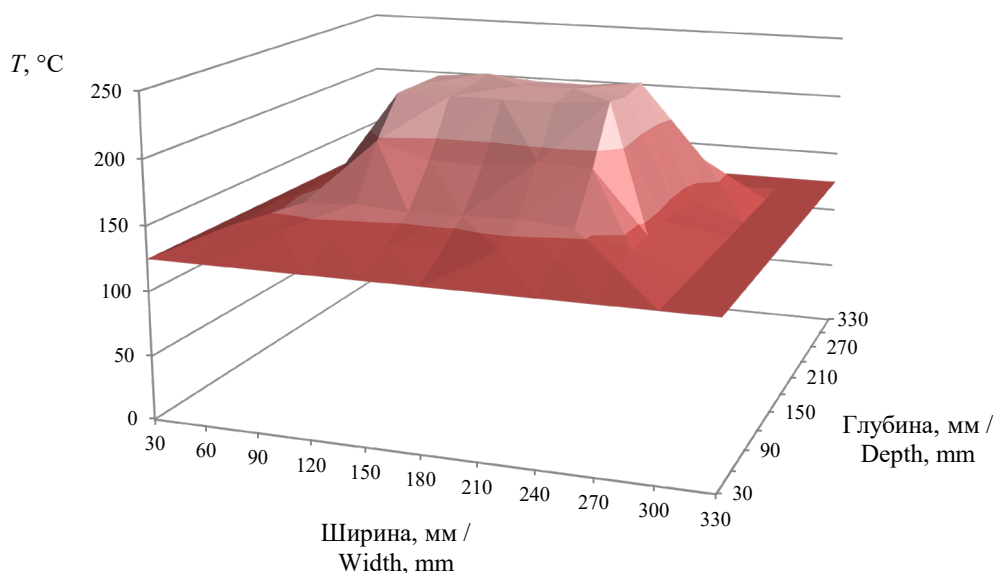
Р и с. 2. Параметры линейности распределения температуры при мощности 400 Вт
 F i g. 2. Parameters of the linearity of the temperature distribution at a power of 400 W

На рисунке 3 показано распределение температурного поля при потреблении 1 440 Вт, отклонение от заданного интервала $\pm 10^\circ\text{C}$ на площади 600 cm^2 .

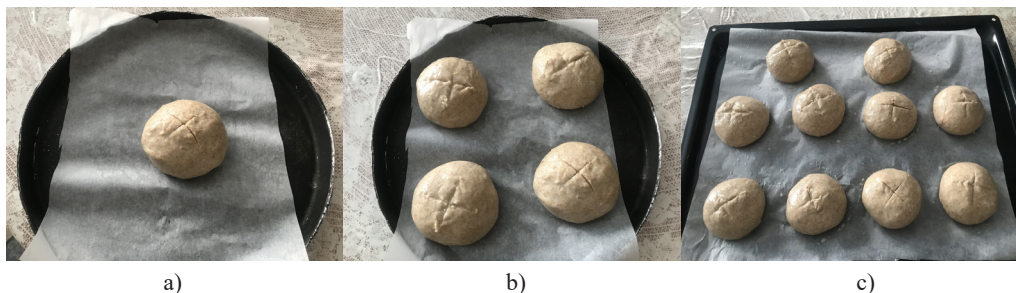
Из графиков, представленных на рисунках 2 и 3 видно, что нагревательные блоки могут создавать равномерное температурное поле на заданном пространстве и вырабатывать необходимое количество энергии для технологического процесса. Соответственно, в зависимости от количества изготавливаемого продукта в одной

и той же камере можно задать локализованную зону нагрева. После серии экспериментов были выбраны оптимальный технологический режим для приготовления хлебобулочного изделия из ржано-пшеничной муки и время выпекания.

Для подтверждения экспериментальных расчетов было приготовлено тесто по рецептуре указанного выше ресторана: выпечка одного образца (рис. 4а), четырех образцов (рис. 4б) и десяти образцов (рис. 4с).



Р и с. 3. Параметры линейности распределения температуры при мощности 1 440 Вт
F i g. 3. Parameters of the linearity of the temperature distribution at a power of 1,440 W



Р и с. 4. Образцы для выпечки хлебобулочного изделия из ржано-пшеничной муки
F i g. 4. Samples for baking products from rye-wheat flour

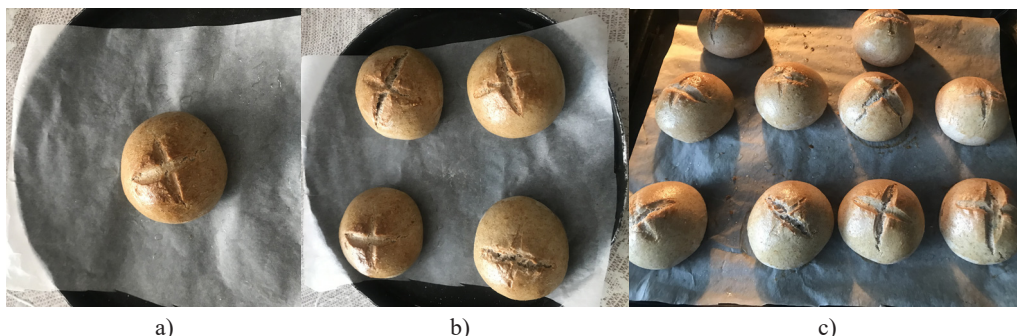
На рисунке 5 представлена полученная выпечка, время выпекания во всех трех случаях составила 44 минуты. Визуальная разница между полученным продуктом и изделием, предлагаемым рестораном, не наблюдается (рис. 6), потребительские свойства идентичны.

Обсуждение и заключение

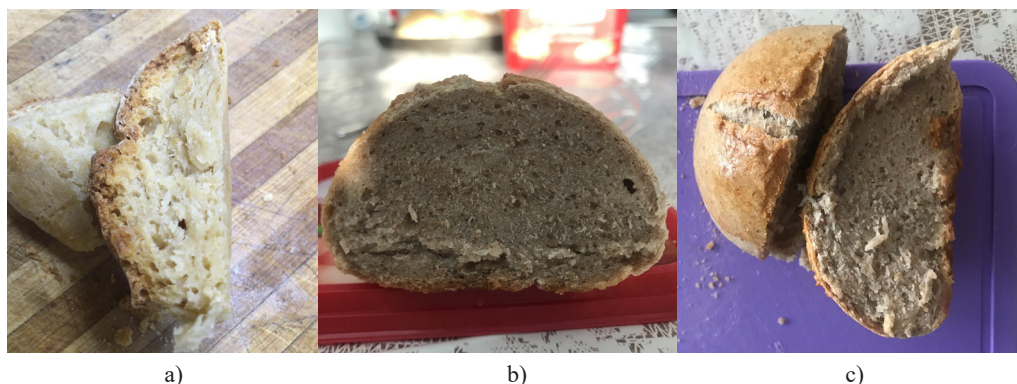
Инфракрасный способ приготовления – перспективное направление в области обработки пищевой продукции. С его помощью возможна термообработка широкого спектра продуктов без снижения качества, оптимизация энергетических затрат и существенное сокращение технологического цикла.

Работы в области совершенствования инфракрасного метода термического воздействия на продукты питания остаются актуальными. Благодаря новой технологии производства нагревательных элементов инфракрасного действия открываются перспективы по их применению не только в индустрии питания, но и в других отраслях народного хозяйства [26].

Описанный метод позволяет снизить время приготовления продуктов питания, удешевить процесс производства технологического оборудования, увеличить степень надежности и универсальности.



а) б) в)
Р и с. 5. Выпечка, осуществленная в соответствии с новой методикой
F i g. 5. Products baked in accordance with the new method



а) б) в)
Р и с. 6. Визуальное представление приготовленного продукта
F i g. 6. A visual representation of the prepared product

Дальнейшие работы в данной области помогут увеличить набор экспериментальных данных, благодаря чему появится возможность не только расширить спектр продуктов, но и осуществить интеллектуализацию

процесса приготовления. На текущий момент данный метод предназначен для индустрии быстрого питания, дальнейшие исследования позволят адаптировать его для индивидуального сектора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патент № 2145403 Российская Федерация, МПК F24C 7/00, H05B 6/68. Устройство для приготовления пищевых продуктов с датчиком инфракрасного излучения : № 98105419 : заявл. 17.03.1998 : опубл. 10.02.2000 / Уехаси Х., Таино К., Такимото К. [и др.] ; патентообладатель Санио Электрик Ко., Лтд. – 23 с. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/40/43/72/f44912ee8dd2e7/RU2145403C1.pdf> (дата обращения: 10.03.2021). – Рез. англ.
2. **Ermoshin, N. A.** The Electrohydraulic Method for Meat Tenderization and Curing / N. A. Ermoshin, S. A. Romanchikov, O. I. Nikolyuk. – DOI 10.21323/2414-438X-2020-5-2-45-49 // Theory and Practice of Meat Processing. – 2020. – Vol. 5, no. 2. – Pp. 45–49. – URL: <https://www.meatjournal.ru/journal/article/view/140> (дата обращения: 10.03.2021).
3. Патент № 2638546 Российская Федерация, МПК A23L 5/30, A47J 37/00. Способы тепловой обработки мясных полуфабрикатов с использованием современных электрофизических методов нагрева : № 2016131786 : заявл. 02.08.2016 : опубл. 14.12.2017 / Беляева М. А., Безотосова О. К. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова». – 10 с. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/66/75/c8/eb9034b7bd0c3f/RU2638546C1.pdf> (дата обращения: 10.03.2021). – Рез. англ.
4. Разработка технологии и оценка эффективности нового продукта – функционального безглютенового кекса / И. М. Жаркова, Ю. А. Сафонова, В. Г. Густинович, Т. Л. Ильева. – Текст : непосредственный // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2020. – № 1. – С. 70–85.
5. **Laheri, Z.** Awareness of Alternative Gluten-Free Grains for Individuals with Coeliac Disease / Z. Laheri, J. M. Soon. – DOI 10.1108/BFJ-05-2018-0329 // British Food Journal. – 2018. – Vol. 120, Issue 12. – Pp. 2793–2803. – URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BFJ-05-2018-0329/full/html> (дата обращения: 10.03.2021).
6. **Dennett, A. L.** The Genotypic and Phenotypic Interaction of Wheat and Rye Storage Proteins in Primary Triticale / A. L. Dennett, K. V. Cooper, R. M. Trethowan. – DOI 10.1007/s10681-013-0950-y // Euphytica. – 2013. – Vol. 194, no. 2. – Pp. 235–242. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-013-0950-y> (дата обращения: 10.03.2021).
7. Prediction of Triticale Grain Quality Properties, Based on Both Chemical and Indirectly Measured Reference Methods, Using Near-Infrared Spectroscopy / M. Manley, C. M. McGoverin, F. Snyders [et al.]. – DOI 10.1094/CCHEM-02-13-0021-R // Cereal Chemistry. – 2013. – Vol. 90, Issue 6. – Pp. 540–545. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1094/CCHEM-02-13-0021-R> (дата обращения: 10.03.2021).
8. Baking Properties and Microstructure of Pseudocereal Flours in Gluten-Free Bread Formulations / L. Alvarez-Jubete, M. Auty, E. K. Arendt, E. Gallagher. – DOI 10.1007/s00217-009-1184-z // European Food Research and Technology. – 2010. – Vol. 230. – Pp. 437–445. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00217-009-1184-z#citeas> (дата обращения: 10.03.2021).
9. Application of Response Surface Methodology in the Development of Gluten-Free Bread / D. F. McCarthy, E. Gallagher, T. R. Gormley [et al.]. – DOI 10.1094/CC-82-0609 // Cereal Chemistry. – 2005. – Vol. 82, Issue 5. – Pp. 609–615. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1094/CC-82-0609> (дата обращения: 10.03.2021).

10. **Rakha, A.** Rheological Characterisation of Aqueous Extracts of Triticale Grains and Its Relation to Dietary Fibre Characteristics / A. Rakha, P. Aman, R. Andersson. – DOI [10.1016/j.jcs.2012.11.005](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.11.005) // Journal of Cereal Science. – 2013. – Vol. 57, Issue 2. – Pp. 230–236. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521012002378?via%3Dihub> (дата обращения: 10.03.2021).
11. Production of Gluten-Free Bread Using Soybean Flour / P. D. Ribotta, S. F. Ausar, M. H. Morcillo [et al.]. – DOI [10.1002/jsfa.1915](https://doi.org/10.1002/jsfa.1915) // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2004. – Vol. 84, Issue 14. – Pp. 1969–1974. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsfa.1915> (дата обращения: 10.03.2021).
12. **Backashi, A. K.** Study of Physicochemical, Reological, Baking and Noodle Quality of Improved Durum and Bread Wheat Cultivars / A. K. Bakhshi, G. S. Bains. – Текст : непосредственный // Journal of Food Science and Technology. – 1987. – Vol. 24, Issue 5. – Pp. 217–221.
13. Патент № 2049419 Российская Федерация, МПК А47J27/06. Устройство для тепловой обработки пищевых продуктов : заявл. 05.05.1991 : опубл. 10.12.1995 / Кулаков С. В. – URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2049419> (дата обращения: 10.03.2021).
14. Патент № 2699690 Российская Федерация, МПК А47J27/62. Способы и системы для приготовления пищи на роботизированной кухне : № 2016134234 : заявл. 20.02.2015 : опубл. 09.09.2019 / Олейник М. ; заявитель и патентообладатель Олейник М. – 430 с. – URL: <https://patenton.ru/patent/RU2699690C2.pdf> (дата обращения: 10.03.2021). – Рез. англ.
15. **Верболюз, Е. И.** Энергосберегающие нагреватели для выпечки хлеба / Е. И. Верболюз, А. П. Савельев // Ползуновский вестник. – 2017. – № 4. – С. 31–35. – URL: https://journal.altstu.ru/media/f/old2/pv2017_04/pdf/031Verboloz.pdf (дата обращения: 10.03.2021).
16. Перспективы применения электроконтактного способа выпечки хлеба / Б. А. Кулишов, А. Г. Новоселов, С. Ю. Иващенко, В. А. Еськов // Ползуновский вестник. – 2017. – № 2. – С. 14–18. – URL: https://journal.altstu.ru/media/f/old2/pv2017_02/pdf/014kulishiv.pdf (дата обращения: 10.03.2021).
17. Электроконтактный энергоподвод при выпекании хлеба / Г. А. Сидоренко, В. П. Попов, Г. Б. Зинюхин [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 1. – С. 214–221. – URL: <https://clck.ru/UTPEe> (дата обращения: 10.03.2021).
18. **Boggini, G.** Qualita Panifactoria Di Miscela Di Sfarinati Di Frumento Duro Con Farina Di Tenero / G. Boggini, M. A. Pagani, M. Lusiano. – Текст : непосредственный // Tecn. molit. – 1997. – Vol. 48, Issue 7. – Pp. 781–780.
19. **Титова, Н. Е.** Обеспечение снижения экологической нагрузки и ресурсосбережения при хлебопечении / Н. Е. Титова, И. П. Кумпан // Вестник современных исследований. – 2018. – Т. 7, № 3 (22). – С. 319–322. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35351218> (дата обращения: 10.03.2021).
20. **Громцев, С. А.** Особенности производства ржано-пшеничного хлеба в полевых условиях / С. А. Громцев, А. С. Громцев, О. М. Червяков. – Текст : электронный // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2013. – № 3. – URL: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/7623.pdf> (дата обращения: 10.03.2021). – Рез. англ.
21. Innovative Trends in the Development of Advanced Triticale Grain Processing Technology / E. P. Meleshkina, G. N. Pankratov, I. S. Vitol. – DOI [10.21603/2308-4057-2017-2-70-82](https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-70-82) // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5, no. 2. – Pp. 70–82. – URL: <http://jfrm.ru/en/issues/703/1170/> (дата обращения: 10.03.2021).
22. Infrared Thermographic Measurement of the Surface Temperature and Emissivity of Glossy Materials / P. Alexa, J. Solař, F. Čmiel [et al.]. – DOI [10.1177/1744259117731344](https://doi.org/10.1177/1744259117731344) // Journal of Building Physics. – 2018. – Vol. 41, Issue 6. – Pp. 533–546. – URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1744259117731344> (дата обращения: 10.03.2021).
23. **Давидович, Е. А.** Разработка и исследование улучшителей для пшенично-ржаных сортов хлеба [На основе соевой муки] / Е. А. Давидович // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2008. – № 2. – С. 417. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11453482> (дата обращения: 10.03.2021).

24. Патент на полезную модель № 199820 Российская Федерация, МПК H05B 3/06, A47J 37/04. Устройство с нагревательными элементами инфракрасного действия для приготовления различных продуктов питания : № 2020114473 : заявл. 13.04.2020 : опубл. 21.09.2020 / Шелехов М. И., Шелехова А. И. ; заявитель и патентообладатель ООО «Иркутское профессиональное оборудование». – 13 с. – URL: https://viewer.rusneb.ru/ru/000224_000128_0000199820_20200921_U1_RU?page=1&rotate=0&theme=white (дата обращения: 10.03.2021).

25. Патент № 2463748 Российская Федерация, МПК H05B 3/00. Способ изготовления толстоленочного резистивного нагревателя : № 2011103148 : заявл. 28.01.2011 : опубл. 10.10.2012 / Шелехов И. Ю., Шелехова И. В., Иванов Н. А. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ООО «Термостат». – 9 с. – URL: <http://www.freepatent.ru/images/patents/54/2463748/patent-2463748.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

26. **Анисимов, А. В.** Экспериментальное определение оптимальных параметров оборудования для обработки зерна при подготовке к помолу / А. В. Анисимов, Ф. Я. Рудик. – DOI [10.15507/2658-4123.029.201904.594-613](https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201904.594-613) // Инженерные технологии и системы. – 2019. – Т. 29, № 4. – С. 594–613. – URL: <http://vestnik.mrsu.ru/index.php/en/articles2-en/86-19-4/743-10-15507-0236-2910-029-201904-8> (дата обращения: 10.03.2021).

Поступила 16.03.2021; одобрена после рецензирования 15.04.2021; принята к публикации 26.04.2021

Об авторе:

Шелехов Игорь Юрьевич, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Института архитектуры, строительства и дизайна ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83), кандидат технических наук, Researcher ID: V-3045-2017, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7677-3187>, promteplo@yandex.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Uekhasi Kh., Taino K., Takimoto K., et al. Cooking Appliance with Infrared Radiation Sensor. Patent 2,145,403 Russian Federation. 2000 February 10. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/40/43/72/f44912ee8dd2e7/RU2145403C1.pdf> (accessed 10.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
2. Ermoshin N.A., Romanchikov S.A., Nikoluyuk O.I. The Electrohydraulic Method for Meat Tenderization and Curing. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2020; 5(2):45-49. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2020-5-2-45-49>
3. Belyaeva M.A., Bezotosova O.K. Methods for Thermal Processing of Meat Semi-Finished Products Using Modern Electrophysical Heating Methods. Patent 2,638,546 Russian Federation. 2017 December 14. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/66/75/c8/eb9034b7bd0c3f/RU2638546C1.pdf> (accessed 10.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
4. Zharkova I.M., Safonova Yu.A., Gustinovich V.G., Ileva T.L. [Development of Technology and Evaluation of the Effectiveness of a New Product – A Functional Gluten-Free Muffin]. *Khranenie i pererabotka selkhozsyirya* = Storage and Processing of Farm Products. 2020; (1):70-85. (In Russ.)
5. Laheri Z., Soon J.M. Awareness of Alternative Gluten-Free Grains for Individuals with Coeliac Disease. *British Food Journal*. 2018; 120(12):2793-2803. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2018-0329>
6. Dennett A.L., Cooper K.V., Trethowan R.M. The Genotypic and Phenotypic Interaction of Wheat and Rye Storage Proteins in Primary Triticale. *Euphytica*. 2013; 194(2):235-242. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0950-y>

7. Manley M., McGoverin C.M., Snyders F., et al. Prediction of Triticale Grain Quality Properties, Based on Both Chemical and Indirectly Measured Reference Methods, Using Near-Infrared Spectroscopy. *Cereal Chemistry*. 2013; 90(6):540-545. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-02-13-0021-R>
8. Alvarez-Jubete L., Auty M., Arendt E.K., Gallagher E. Baking Properties and Microstructure of Pseudocereal Flours in Gluten-Free Bread Formulations. *European Food Research and Technology*. 2010; 230:437-445. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1184-z>
9. McCarthy D.F., Gallagher E., Gormley T.R., et al. Application of Response Surface Methodology in the Development of Gluten-Free Bread. *Cereal Chemistry*. 2005; 82(5):609-615. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1094/CC-82-0609>
10. Rakha A., Aman P., Andersson R. Rheological Characterisation of Aqueous Extracts of Triticale Grains and Its Relation to Dietary Fibre Characteristics. *Journal of Cereal Science*. 2013; 57(2):230-236. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.11.005>
11. Ribotta P.D., Ausar S.F., Morcillo M.H., et al. Production of Gluten-Free Bread Using Soybean Flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004; 84(14):1969-1974. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1915>
12. Backashi A.K., Bains G.S. Study of Physicochemical, Reological, Baking and Noodle Quality of Improved Durum and Bread Wheat Cultivars. *Journal of Food Science and Technology*. 1987; 24(5):217-221. (In Eng.)
13. Kulakov S.V. [Device for Thermal Processing of Food Products]. Patent 2,049,419 Russian Federation. 1995 December 10. Available at: <http://www.freepatent.ru/patents/2049419> (accessed 10.03.2021). (In Russ.)
14. Oleynik M. Methods and Systems for Cooking in Robotic Kitchen. Patent 2,699,690 Russian Federation. 2019 September 9. Available at: <https://patenton.ru/patent/RU2699690C2.pdf> (accessed 10.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
15. Verboloz Ye.I., Savelev A.P. [Energy-Saving Heaters for Baking Bread]. *Polzunovskiy vestnik* = Polzunov's Bulletin. 2017; (4):31-35. Available at: https://journal.altstu.ru/media/f/old2/pv2017_04/pdf/031Verboloz.pdf (accessed 10.03.2021). (In Russ.)
16. Kulishov B.A., Novoselov A.G., Ivashchenko S.Yu., Yeskov V.A. [Prospects for the Application of the Electrocontact Method of Baking Bread]. *Polzunovskiy vestnik* = Polzunov's Bulletin. 2017; (2):14-18. Available at: https://journal.altstu.ru/media/f/old2/pv2017_02/pdf/014kulishiv.pdf (accessed 10.03.2021). (In Russ.)
17. Sidorenko G.A., Popov V.P., Zinyukhin G.B., et al. [Electro-Contact Power Supply for Baking Bread]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* = Bulletin of the Orenburg State University. 2012; (1):214-221. Available at: <https://clck.ru/UTPEe> (accessed 10.03.2021). (In Russ.)
18. Boggini G., Pagani M.A., Lusiano M. Qualita Panifactoria Di Miscele Di Sfarinati Di Frumento Duro Con Farina Di Tenero. *Tecn. molit.* 1997; 48(7):781-780. (In It.)
19. Titova N.Ye., Kumpan I.P. [Ensuring the Reduction of Environmental Load and Resource Conservation in Baking]. *Vestnik sovremennykh issledovaniy* = Bulletin of Modern Research. 2018; 7(3):319-322. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35351218> (accessed 10.03.2021). (In Russ.)
20. Gromtsev S.A., Gromtsev A.S., Chervyakov O.M. Rye-Wheat Bread Production Technology in Field Condition. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Ser. "Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv"* = Scientific Journal NRU ITMO. Series "Processes and Food Production Equipment". 2013; (3). Available at: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/7623.pdf> (accessed 10.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
21. Meleshkina E.P., Pankratov G.N., Vitol I.S. Innovative Trends in the Development of Advanced Triticale Grain Processing Technology. *Foods and Raw Materials*. 2017; 5(2):70-82. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-70-82>
22. Alexa P., Solář J., Čmiel F., et al. Infrared Thermographic Measurement of the Surface Temperature and Emissivity of Glossy Materials. *Journal of Building Physics*. 2018; 41(6):533-546. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1177/1744259117731344>

23. Davidovich Ye.A. [Development and Research of Improvers for Wheat and Rye Bread [Based on Soya Flour]]. *Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost. Referativnyy zhurnal* = Food and Processing Industry. Abstract Journal. 2008; (2):417. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11453482> (accessed 10.03.2021). (In Russ.)
24. Shelekhov M.I., Shelekhova A.I. [Device with Infrared Heating Elements for Cooking Various Foods]. Patent 199,820 Russian Federation. 2020 September 12. Available at: https://viewer.rusneb.ru/ru/000224_000128_0000199820_20200921_U1_RU?page=1&rotate=0&theme=white (accessed 10.03.2021). (In Russ.)
25. Shelekhov I.Yu., Shelekhova I.V., Ivanov N.A., et al. [Method for Manufacturing a Thick-Film Resistance Heater]. Patent 2,463,748 Russian Federation. 2012 October 10. Available at: <http://www.freepatent.ru/images/patents/54/2463748/patent-2463748.pdf> (accessed 10.03.2021). (In Russ.)
26. Anisimov A.V., Rudik F.Ya. The Experimental Determination of Optimum Parameters of the Equipment for Processing Grain in Preparation for Grinding. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2019; 29(4):594-613. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201904.594-613>

Submitted 16.03.2021; approved after reviewing 15.04.2021; accepted for publication 26.04.2021

About the author:

Igor Yu. Shelekhov, Associate Professor of the Chair of Urban Construction and Economy of Institute of Architecture, Construction and Design, Irkutsk National Research Technical University (83 Lermonov St., Irkutsk 664074, Russian Federation), Cand.Sc. (Engineering), Researcher ID: V-3045-2017, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7677-3187>, promteplo@yandex.ru

The author has read and approved the final manuscript.