

Научная статья  
УДК 664.681.9

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

А.В. Батурина<sup>1</sup>, Г.В. Алексеев<sup>1</sup>, Ю.А. Фатыхов<sup>2,\*</sup>, А.П. Савельев<sup>3</sup>, Е.Н. Ивлева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Университет при Межпарламентской Ассамблее Евразийского экономического Совета, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

<sup>3</sup> Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

\* E-mail: [yuriy.fatyhov@klgtu.ru](mailto:yuriy.fatyhov@klgtu.ru)

**Аннотация.** Объектами моделирования все чаще становятся процессы, обеспечивающие повседневную жизнь человека. К числу таких процессов на полном основании можно отнести технологии приготовления продукции из замороженных полуфабрикатов, которые становятся всё более популярными в системах массового питания, особенно на предприятиях фаст-фуда. Формирование заготовки изделий в таких системах для допекания в точке продажи, заключается в создании на базовом предприятии почти готового изделия с его последующей заморозкой. Сохранить качество таких полуфабрикатов на длительный срок позволяет использование специально подобранного сырья и рецептур, а также современного оборудования, использующего преимущественно технологии шоковой заморозки. Процесс доготовки замороженных полуфабрикатов на месте продажи включает в себя такой ответственный этап как размораживание. Наиболее часто такие процессы и назначение режимов их реализации проводятся на основании имеющегося опыта или экспериментов проводимых для конкретных условий их осуществления, учитывающих рецептуру и тип производимых изделий. Построенная модель дает возможность определить без специальных экспериментальных исследований оптимальные параметры разморозки заготовок для выпечки изделий из замороженных полуфабрикатов при обеспечении повышенного качества и выхода конечного продукта.

**Ключевые слова:** замороженные полуфабрикаты; модель, тепло-массообменные процессы; бесконечная пластина; начальная температура; режимы размораживания; сохранность качества.

**Для цитирования:** Батурина А.В., Алексеев Г.В., Фатыхов Ю.А., Савельев А.П., Ивлева Е.Н. Моделирование процессов приготовления мучных кондитерских изделий из замороженных полуфабрикатов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2024. Т. 10. № 1. С. 7–15.

Original article

## MODELING OF THE PROCESSES OF PREPARATION OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS FROM FROZEN SEMI-FINISHED PRODUCTS

A. V. Baturina<sup>1</sup>, G. V. Alekseev<sup>1</sup>, Y. A. Fatykhov<sup>2,\*</sup>, A. P. Saveliev<sup>3</sup>, E. N. Ivleva<sup>3</sup>

© Батурина А.В., Алексеев Г.В., Фатыхов Ю.А., Савельев А.П., Ивлева Е.Н.

<sup>1</sup> University at the Interparliamentary Assembly of the Eurasian Economic Council, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

<sup>3</sup> National Research University of Information Technology, Mechanics and Optics, St. Petersburg, Russia

\* E-mail: [yuriy.fatyhov@klgtu.ru](mailto:yuriy.fatyhov@klgtu.ru)

**Abstract.** The modeling objects are increasingly becoming processes that ensure a person's daily life. Among such processes, technologies for the preparation of products from frozen semi-finished products, which are becoming increasingly popular in mass food systems, especially at fast food enterprises, can be attributed on a full basis. The formation of the workpiece of products in such systems for baking at the point of sale consists in creating an almost finished product at the base enterprise with its subsequent freezing. To preserve the quality of such semi-finished products for a long time allows the use of specially selected raw materials and recipes, as well as modern equipment using mainly shock freezing technologies. The process of finishing frozen semi-finished products at the point of sale includes such a crucial stage as defrosting. Most often, such processes and the assignment of their implementation modes are carried out on the basis of existing experience or experiments conducted for specific conditions of their implementation, taking into account the formulation and type of manufactured products. The constructed model makes it possible to determine, without special experimental studies, the optimal parameters of defrosting of blanks for baking products from frozen semi-finished products while ensuring improved quality and yield of the final product.

**Keywords:** frozen semi-finished products; model, heat and mass transfer processes; infinite plate; initial temperature; defrosting modes; quality preservation.

**For citation:** Baturina A.S., Alekseev G.V., Fatyhov Y.A., Savelyev A.P., Ivleva E.N. Modeling of processes of preparation of flour confectionery products from frozen semi-finished products // *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2024. V. 10. No.1. pp. 7–15.

### Постановка задачи

Отсутствующие в настоящее время аналитические модели размораживания заготовок мучных кондитерских изделий связывающие основные характеристики получаемых изделий с базовыми тепло-массообменными характеристиками их тестовой основы позволяет рассмотреть на первом этапе следующую простейшую модель реализуемого процесса.

Рассмотрим массоперенос изнутри бесконечной пластины вдоль ее поперечной оси. На поверхности пластины находится пограничный слой среды (жидкости, пара, газа), в пределах которого массоперенос осуществляется молекулярным путем. От наружной поверхности пограничного слоя в ядро потока масса переносится в результате конвекции. В соответствии с данными работ [1, 2], плотность потока массы изнутри твердой фазы к ее поверхности  $q_m$  складывается из плотностей потока массы за счет влагопроводности  $q_{mu}$ , термовлагопроводности  $q_{mt}$ , фильтрационного потока смеси жидкости с паром (газом)  $q_{mP_1}$  и под действием внешних сил  $q_{mP_2}$ :

$$q_m = q_{mu} + q_{mt} + q_{mP_1} + q_{mP_2}. \quad (1)$$

По аналогии с этим плотность потока теплоты  $q_t$  складывается из плотности потока теплоты за счет теплопроводности  $q_\lambda$  и плотностей потоков теплоты с переносимой массой за счет  $q_{mu}$ ,  $q_{mt}$ ,  $q_{mP_1}$ ,  $q_{mP_2}$ :



$$q_t = q_\lambda + i_m q_{mu} + i_t q_{mt} + i_{P_1} q_{mP_1} + i_{P_2} q_{mP_2}, \quad (2)$$

где  $i_u, i_t, i_{P_1}, i_{P_2}$  - энтальпия вещества, переносимого с соответствующим потоком.

В развернутом виде уравнение (1) записывается так:

$$q_m = a_m \rho_0 \frac{\partial U}{\partial x} - a_m \delta_1 \rho_0 \frac{\partial T}{\partial x} - k_{P_1} \frac{\partial p_1}{\partial x} - k_{P_2} \frac{\partial p_2}{\partial x}, \quad (3)$$

где  $\rho_0$  – плотность сухого вещества.

Запишем уравнение (3) для единого потенциала. Для этого какой-либо поток массы, например за счет влагопроводности, примем за базовый, а остальные потоки представим как доли от базового. Кроме того, влагосодержание выразим через объемную концентрацию, что позволяет из уравнения (3) исключить  $\rho_0$ .

$$q_m = -a_m (1 + \gamma_1 + \gamma_{P_1} + \gamma_{P_2}) \frac{\partial U}{\partial x}, \quad (4)$$

где  $\gamma_1, \gamma_{P_1}, \gamma_{P_2}$  – соответственно доли потоков массы под действием потенциалов  $T, p_1$  и  $p_2$  от потока массы под действием потенциала  $U$  (базового потока).

В общем виде

$$q_m = -L_m (1 + \sum_{v=2}^{v=n} \gamma_{vm}) \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad (5)$$

где  $L_m$  – кинетический коэффициент базового (первого) потока массы;  $\varphi$  – потенциал базового (первого) потока массы;  $\gamma_{vm}$  – доля -го потока массы от базового потока.

По аналогии с равенством (5) для потока теплоты запишем:

$$q_t = -L_T (1 + \sum_{\pi=2}^{\pi=n} \gamma_{\pi T}) \frac{\partial \chi}{\partial x}, \quad (6)$$

где  $L_T$  – кинетический коэффициент базового (первого) потока теплоты;  $\chi$  – потенциал базового (первого) потока теплоты;  $\gamma_{\pi T}$  – доля -го потока теплоты от базового потока.

Примем дополнительно условные обозначения:  $l$  – толщина пластины;  $\delta$  – толщина пограничного слоя;  $\varphi_1, \varphi', \varphi'', \varphi_2$  – значения потенциалов базового потока массы соответственно внутри пластины (среднее значение), на поверхности пластины, на наружной «поверхности» пограничного слоя и в потоке жидкости;  $\chi_1, \chi', \chi'', \chi_2$  – значения потенциалов базового потока теплоты соответственно внутри пластины (среднее значение), на поверхности пластины, на наружной «поверхности» пограничного слоя и в потоке жидкости;  $q_m, q_t$  – соответственно потоки массы и теплоты;  $l/n_\varphi, l/n_t$  – расстояние от поверхности частицы до точки среднего значения концентрации и температуры.

### Полученные результаты и их обсуждение

При установившемся состоянии процесса для каждого момента для плотностей потока массы и теплоты в соответствии с соотношениями (5) и (6) можно получить следующие уравнения.

Поток массы:

1) внутри твердой фазы

$$q_m = L_m (1 + \sum_{v=2}^{v=n} \gamma_{vm}) \frac{\varphi_1 - \varphi'}{l/n_\varphi}; \quad (7)$$

2) через пограничный слой

$$q_m = D \frac{\varphi' - \varphi''}{\delta}; \quad (8)$$

3) в ядро потока

$$q_m = \beta(\varphi'' - \varphi_2); \quad (9)$$

Поток теплоты:

1) внутри твердой фазы

$$q_t = L_T \left(1 + \sum_{\pi=2}^{\pi=n} \gamma_{\pi T}\right) \frac{\chi_1 - \chi'}{l/n_T}, \quad (10)$$

2) через пограничный слой

$$q_t = \lambda_\delta \frac{\chi' - \chi''}{\delta}; \quad (11)$$

3) в ядро потока

$$q_m = \alpha(\chi'' - \chi_2); \quad (12)$$

где  $n_\varphi$ ,  $n_T$  – некоторые коэффициенты, обратные значения которых  $\left(\frac{1}{n_\varphi}, \frac{1}{n_T}\right)$  есть доли толщины пластины, равные расстоянию от некоторой точки со средней концентрацией или температурой до наружной поверхности пластины;  $D$ ,  $\lambda_\delta$  – коэффициенты молекулярной диффузии и теплопроводности внутри пограничного слоя;  $\beta$ ,  $\alpha$  – коэффициенты массо- и теплопередачи [3-6].

Складывая левые и правые части уравнений (7) – (9) и (10) – (12), соответственно получим:

$$q_m = K_m(\varphi_1 - \varphi_2); \quad (13)$$

$$q_t = K_t(\chi_1 - \chi_2), \quad (14)$$

где коэффициент массопереноса

$$K_m = \frac{1}{\frac{l}{n_\varphi L_m (1 + \sum_{\nu=2}^{\nu=n} \gamma_{\nu m})} + \frac{\delta}{D} + \frac{1}{\beta}}, \quad (15)$$

коэффициент теплопереноса

$$K_t = \frac{1}{\frac{l}{n_T L_T (1 + \sum_{\pi=2}^{\pi=n} \gamma_{\pi T})} + \frac{\delta}{D} + \frac{1}{\alpha}}. \quad (16)$$

Уравнения (15) и (16) описывают соответственно три этапа массо- и теплопереноса: изнутри твердого тела к его поверхности, через пограничный слой и от пограничного слоя в ядро потока. В эксперименте можно создать условия, когда  $\delta \rightarrow 0$  и  $\beta \rightarrow \infty$ ,  $\alpha \rightarrow \infty$ , и из выражений (15) и (16) получить

$$\sum_{v=2}^{v=n} \gamma_{vm} = \frac{K_m l}{n_\phi L_m} - 1; \quad (17)$$

$$\sum_{\pi=2}^{\pi=n} \gamma_{\pi T} = \frac{K_T l}{n_T L_T} - 1. \quad (18)$$

Нетрудно видеть, что различные значения сумм потоков соответствуют следующим механизмам протекания процессов [7-9]:

$\sum_{v=2}^{v=n} \gamma_{vm} < 0$  - внутренний массоперенос с механизмом базового потока осложнен внешним диффузионным массопереносом ( $\delta \neq 0, \beta \neq \infty$ ). Доля сопротивления внешнего массопереноса равна численному значению  $\sum \gamma_{vm}$ ;

$\sum_{v=2}^{v=n} \gamma_{vm} = 0$  - внутренний массоперенос протекает только с механизмом базового потока;

$\sum_{v=2}^{v=n} \gamma_{vm} > 0$  - механизм внутреннего массопереноса по базовому потоку нарушен в сторону его интенсификации при  $\delta = 0, \beta = \infty$ . Например, молекулярная диффузия внутри твердого тела частично заменена турбулентной;

$\sum_{v=2}^{v=n} \gamma_{vm} = \infty$  - механизм внутреннего массопереноса по базовому потоку заменен механизмом бесконечно более интенсивным по сравнению с базовым при нарушении в сторону его интенсификации при  $\delta = 0, \beta = \infty$ .

Например, внутренняя теплопроводность полностью заменена фильтрационным потоком под действием внешних сил. По аналогии можно проинтегрировать и различные значения сумм потоков теплоты  $\sum \gamma_{vm}$ .

Проиллюстрируем сказанное конкретным примером, основанным на эксперименте, в котором проводилось изотермическое экстрагирование пектина из частиц полученных после измельчения с различными эквивалентными диаметрами по методике, позволяющей определить истинные значения коэффициентов  $K_m$  и  $L_m = D_b$ , где  $D_b$  – коэффициент внутренней молекулярной диффузии. Для рассматриваемого случая  $n_\phi = 5,88$  [10-15].

Сравнение доли сопротивления внешнего массопереноса в процентах в общем сопротивлении, определенной по ранее предложенному методу [16] и по величине  $\sum_{v=2}^{v=n} \gamma_{vm}$ , представлено на рисунках 1 и 2.

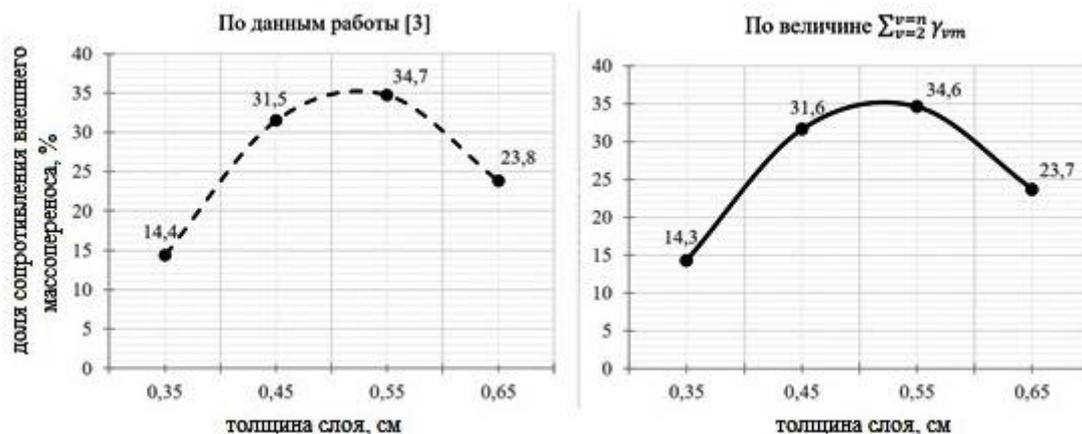


Рисунок 1 - Изменение доли сопротивления внешнего массопереноса

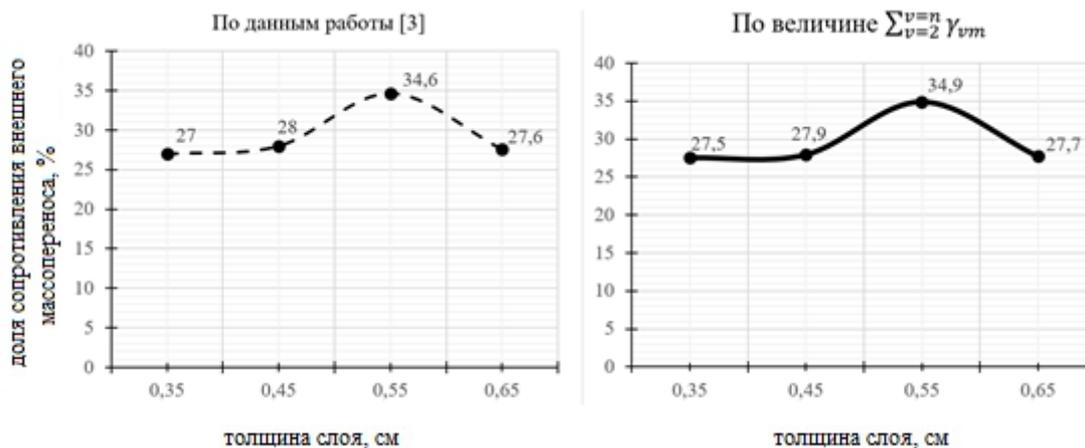


Рисунок 2 - Изменение доли сопротивления внешнего массопереноса

Обращают на себя внимание результаты, приведенные на рисунках, их сравнение говорит о том, что полученные значения равны между собой, однако формула (17) много проще предложенного ранее алгоритма расчета и, кроме того, не требует знания  $\delta$ ,  $D$ ,  $\beta$ .

При анализе теплопереноса нет необходимости знать соответственно  $\delta$ ,  $\lambda_\delta$  и  $\alpha$ , что, конечно, значительно упрощает анализ механизма процесса массопереноса [17-19].

### Заключение

Уравнения, полученные в работе, позволяют упростить описание доли сопротивления внешнего массопереноса по сравнению с другими методами расчета. Развитие изложенных соображений приводит к новому содержанию понятий о кинетических коэффициентах массо- и теплопереноса. Подходы, описанные в работе, дают возможность вычислить оптимальные параметры системы на основании известных и измеряемых данных. Полученные результаты позволяют повысить эффективность работы технологического оборудования, реализующего процессы массо- и теплообмена.

Оптимизация процесса размораживания изделий из тестовых слоеных замороженных полуфабрикатов обеспечивает повышение качества и массового выхода продуктов. К достоинствам рассмотренной модели можно отнести перспективность ее применения для решения широкого спектра решаемых задач. Учитывая известные характеристики системы, можно привести решение к частному виду и математически описать исследуемый массо- и теплообменный процесс.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Герасимова Э.О., Лабутина Н.В. Криогенные технологии в хлебопечении // Известия вузов. Пищевая технология. 2019. №1 (367). С. 69.
2. Белобородов В.В., Вороненко Б.А. Основные закономерности тепловой обработки пищевых продуктов // Сборник научных трудов ЛИСТ им. Ф. Энгельса. Ленинград. 1980. С. 132-146.
3. Никитина Н.В., Афанасьева Н.С. Российский рынок замороженных хлебобулочных и кондитерских изделий // Science of Europe. 2018. № 27. С. 3–6.
4. Кветный Ф.М., Юрко В.И. Заикина Н.П. О замораживании хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. 2006. № 1. С. 22-23.
5. Медведев П.В., Федотов В.А. Физико-химические аспекты кондитерского производства. Оренбург: Изд-во ОГУ. 2018. 161 с.

6. Кенийз Н. В., Сокол Н. В. Влияние дефростации в технологии хлеба из замороженных полуфабрикатов на качество готового продукта // Вестник НГИЭИ. 2011. Т. 2. № 2 (3). С. 92-101.
7. Размораживание частично выпеченных полуфабрикатов / О.А. Суворов, Н.В. Лабутина и др. // Хлебопродукты. 2007. №4. С. 36-37.
8. Лабутина Н.В., Козловская А.Э., Суворов О.А. Влияние хлебопекарных свойств ржаной обдирной муки на теплофизические характеристики ржано-пшеничных полуфабрикатов при замораживании и дефростации // Пищевая промышленность. 2017. № 4. С. 2-5.
9. Rouillé J., Le Bail A., Courcoux P. Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking qualities of French frozen dough. *Journal of Food Engineering*. 2000. Vol. 43, No. 4, pp. 197-203.
10. Усеня Ю.С. Жакова К.И. Технология изготовления замороженных хлебобулочных изделий и полуфабрикатов // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2012. №2(16). С. 46-50.
11. Усцеломова О.А. Разработка способов стабилизации свойств замороженных полуфабрикатов и качество хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. 2002, №3, С. 8-11.
12. Герасимова Э.О., Лабутина Н.В. Исследование теплофизических процессов, происходящих при выпечке ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности // Качество зерна, муки и хлеба: материалы докладов IV Международной конференции. Москва. 2019. С. 151-155.
13. Ribotta P.D, León A.E., Añón M.C. Effects of yeast freezing in frozen dough. *Cereal Chemistry*. 2003. Vol. 80, No. 4. pp. 454-458.
14. Stecchini M.L., Maltini E., Venir E., Torre M. D, Prospero L. Properties of wheat dough at sub-zero temperatures and free tolerance of a baker's yeast. *J. Food Science*, 2002. Vol. 67, No. 6, pp. 2196-2201.
15. Havet M., Mankai M., Le Bail A. Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. *Journal of Food Engineering*. 2000. Vol. 45, pp. 139-145.
16. Fellows P.J. The effect of freezing conditions on the baking performance of French frozen dough. *Food Processing Technology*. Woodhead Publishing. 2017. pp. 885-928.
17. Постольский Я. Современные технологии замораживания сдобы и кондитерских изделий // Мороженое и замороженные продукты. 2002. №5. С. 28-31, №6. С. 32-36.
18. Hasselberg K., Herppich W.B. Ozonated washing water for quality carrot preservation *Landtechnik*. 2005. Vol. 6, pp. 1-350.
19. Lagaron J. M. Improving packaged food quality and safety. *Food Additives and Comtaminants*. 2005. Vol. 22. No. 10, pp. 8-994.

## REFERENCE

1. Gerasimova E.O., Labutina N.V. *Kriogennye tekhnologii v hlebopечenii* [Cryogenic technologies in baking]. *Izvestiya Vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*, 2019. No. 1 (367), pp. 69.
2. Beloborodov V.V., Voronenko B.A. *Osnovnye zakonomernosti teplovoj obrabotki pishchevyyh produktov* [Basic regularities of thermal processing of food products]. *Sbornik nauchnykh trudov LIST im. F. Engel'sa*, Leningrad: 1980, pp. 132-146.
3. Nikitina N.V., Afanasyeva N.S. *Rossiyskij rynek zamorozhennykh hlebobulochnykh i konditerskih izdelij* [Russian market of frozen bakery and confectionery products]. *Science of Europe*, 2018. No. 27, pp. 3-6.
4. Kvetny, F.M.; Yurko, V.I.; Zaikina, N.P. *O zamorazhivanii hlebobulochnykh izdelij* [About freezing of bakery products (in Russian)] *Khleboпечение Rossii*. 2006. No. 1, pp. 22-23.
5. Medvedev P.V., Fedotov V.A. *Fiziko-himicheskie aspekty konditerskogo proizvodstva* [Physico-chemical aspects of confectionery production]. Orenburg: Izd-vo OGU, 2018. 161 p.

6. Kenyz N. V., Sokol N. V. *Vliyanie defrostacii v tekhnologii hleba iz zamorozhennykh polufabrikatov na kachestvo gotovogo produkta* [Influence of defrosting in the technology of bread from frozen semi-finished products on the quality of the finished product]. *Vestnik NGIEI*, 2011. Vol. 2. No. 2 (3). pp. 92-101.
7. Suvorov O.A., Labutina N.V., Miholab Yu., Malakhova T. *Razmorazhivanie chastichno vypechennykh polufabrikatov* [Defrosting of partially baked semi-finished products]. *Hleboprodukty*, 2007. No. 4, pp. 36-37.
8. Labutina, N.V., Kozlovskaya, A.E., Suvorov, O.A. *Vliyanie hlebopekarnykh svoystv rzhanoj obdirnoj muki na teplofizicheskie harakteristiki rzhano-pshenichnykh polufabrikatov pri zamorazhivanii i defrostacii* [Influence of baking properties of rye rind flour on the thermophysical characteristics of rye-wheat semi-finished products during freezing and defrosting]. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2017. No. 4, pp. 2-5.
9. Rouillé J., Le Bail A., Courcoux P. Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking qualities of French frozen dough. *Journal of Food Engineering*. 2000. Vol. 43, No. 4, pp. 197-203.
10. Usenya Y.S., Zhakova K.I. *Tekhnologiya izgotovleniya zamorozhennykh hlebobulochnykh izdelij i polufabrikatov* [Technology of manufacturing frozen bakery products and semi-finished products]. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii*, 2012. No. 2 (16), pp. 46-50.
11. Ustselemonova O.A. *Razrabotka sposobov stabilizacii svoystv zamorozhennykh polufabrikatov i kachestvo hlebobulochnykh izdelij* [Development of ways to stabilize the properties of frozen semi-finished products and the quality of bakery products]. *Hlebopechenie Rossii*, 2002. No.3, pp. 8-11.
12. Gerasimova E.O., Labutina N.V. *Issledovanie teplofizicheskikh processov, proiskhodyashchih pri vypechke rzhano-pshenichnogo hleba iz zamorozhennykh polufabrikatov vysokoj stepeni gotovnosti* [Study of thermophysical processes occurring during baking of rye-wheat bread from frozen semi-finished products of high readiness]. *Kachestvo zerna, muki i hleba: materialy dokladov IV Mezhdunarodnoj konferencii, Moscow*. 2019, pp. 151-155.
13. Ribotta P.D, León A.E., Añón M.C. Effects of yeast freezing in frozen dough. *Cereal Chemistry*. 2003. Vol. 80, No. 4. pp. 454-458.
14. Stecchini M.L., Maltini E., Venir E., Torre M. D, Prospero L. Properties of wheat dough at sub-zero temperatures and free tolerance of a baker's yeast. *J. Food Science*, 2002. Vol. 67, No. 6, pp. 2196-2201.
15. Havet M., Mankai M., Le Bail A. Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. *Journal of Food Engineering*. 2000. Vol. 45, pp. 139-145.
16. Fellows P.J. The effect of freezing conditions on the baking performance of French frozen dough. *Food Processing Technology*. Woodhead Publishing. 2017. pp. 885-928.
17. Postolsky, J. *Sovremennye tekhnologii zamorazhivaniya sdoby i konditerskikh izdelij* [Modern technologies of freezing muffins and confectionery]. *Morozhenoe i zamorozhennye produkty*, 2002. No.5, pp. 28-31, No. 6, pp. 32-36.
18. Hasselberg K., Herppich W. B. Ozonated washing water for quality carrot preservation *Landtechnik*. 2005. Vol. 6, pp. 1-350.
19. Lagaron J. M. Improving packaged food quality and safety. *Food Additives and Comtaminants*. 2005. Vol. 22. No. 10, pp. 8-994.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Батурина Алиса Витальевна* – аспирант, Университет при Межпарламентской ассамблеи Евразийского экономического союза, (194044, Санкт-Петербург, ул. Смольячкова, д.14/1, e-mail: [czro@mail.ru](mailto:czro@mail.ru))

Алексеев Геннадий Валентинович – доктор технических наук, профессор, Университет при Межпарламентской ассамблеи Евразийского экономического союза (194044, Санкт-Петербург, ул. Смольячкова, д.14/1, e-mail: [gva2003@mail.ru](mailto:gva2003@mail.ru))

Фатыхов Юрий Адгамович – доктор технических наук, профессор, Калининградский государственный технический университет (236022, Калининград, Советский пр-кт, 1, e-mail: [yuriy.fatyhov@klgtu.ru](mailto:yuriy.fatyhov@klgtu.ru))

Савельев Алексей Петрович – аспирант, Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр-кт, 49А, e-mail: [sap1999@internet.ru](mailto:sap1999@internet.ru))

Ивлева Елена Николаевна – аспирант, Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр-кт, 49А, e-mail: [helen-ivleva@yandex.ru](mailto:helen-ivleva@yandex.ru))

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Baturina Alisa Vitaljevna* – Graduate student, University at the Interparliamentary Assembly of the Eurasian Economic Union (194044, St. Petersburg, Smolyachkova str., 14/1, e-mail: [czro@mail.ru](mailto:czro@mail.ru))

Alekseev Gennadiy Valentinovich – Dr Sci. (Eng), Prof., University at the Interparliamentary Assembly of the Eurasian Economic Union (194044, St. Petersburg, Smolyachkova str., 14/1, e-mail: [gva2003@mail.ru](mailto:gva2003@mail.ru))

Fatykhov Juriy Adgamovich – Dr Sci. (Eng), Prof., Kaliningrad State Technical University (236022, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1, e-mail: [yuriy.fatyhov@klgtu.ru](mailto:yuriy.fatyhov@klgtu.ru))

Saveliev Alexey Petrovich – Graduate student, National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (197101, St. Petersburg, Kronverksky Ave., 49A, e-mail: [sap1999@internet.ru](mailto:sap1999@internet.ru))

Ivleva Elena Nikolaevna – Graduate student, National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (197101, St. Petersburg, Kronverksky Ave., 49A, e-mail: [helen-ivleva@yandex.ru](mailto:helen-ivleva@yandex.ru))

Статья поступила в редакцию 09.01.2024; одобрена после рецензирования 25.01.2024, принята к публикации 08.02.2024.

The article was submitted 09.01.2024; approved after reviewing 25.01.2024; accepted for publication 08.02.2024.