

Прогнозирование развития технологических процессов на примере ведущего оборудования линии производства конфет вафель с начинкой

Юлия В. Устинова	¹	yul48888048@ya.ru	 0000-0002-1649-889X
Максим В. Просин	¹	prosinmv@yandex.ru	 0000-0002-4615-5628
Дмитрий М. Бородулин	¹	borodulin@rgau-msha.ru	 0000-0003-3035-0354
Денис В. Доня	¹	doniady@rambler.ru	 0000-0002-5818-0804

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия

Аннотация. В статье представлено научно-техническое прогнозирование модернизации технологических процессов производства конфет вафель с начинкой. Проведенные исследования направлены на улучшение характеристик оборудования для нанесения начинки на вафельные листы, что играет ключевую роль в повышении качества выпускаемой продукции. В работе используется модель «черного ящика», которая структурирует процесс по входным (управляющие и возмущающие) и выходным (управляемые и наблюдаемые) параметрам. Метод экспертного оценивания позволил выявить 13 ключевых факторов, влияющих на качество продукции. Наиболее значимыми факторами определены влажность начинки, качество полуфабрикатов и влажность готовых вафель с начинкой. Для оценки целесообразности модернизации оборудования выполнен анализ технического уровня конструкции, который составил 0,67, что свидетельствует о перспективности предлагаемых изменений. Предложенные модификации оборудования направлены на повышение автоматизации процесса, улучшение равномерности нанесения начинки и снижение энергозатрат. Кроме того, в работе рассматривается влияние условий окружающей среды, качества сырья и технического состояния оборудования на технологический процесс. Внедрение модернизированного оборудования демонстрирует значительное улучшение качества продукции, снижение себестоимости и соответствие санитарным нормам. Результаты исследования имеют важное значение для развития пищевой промышленности, так как способствуют автоматизации процессов, обеспечению экологической безопасности и соответствию продукции санитарным нормам. Материалы статьи будут полезны для инженеров, технологов и ученых, занимающихся разработкой и совершенствованием оборудования в пищевой промышленности. Представленные результаты также могут найти применение в практике предприятий, ориентированных на повышение эффективности производственных процессов.

Ключевые слова: прогнозирование, вафли, начинка, конфетная масса, «черный ящик».

Forecasting the development of technological processes using the example of the leading equipment of the candy waffle production line with filling

Yulia V. Ustinova	¹	yul48888048@ya.ru	 0000-0002-1649-889X
Maksim V. Prosin	¹	prosinmv@yandex.ru	 0000-0002-4615-5628
Dmitry M. Borodulin	¹	borodulin@rgau-msha.ru	 0000-0003-3035-0354
Denis V. Donya	¹	doniady@rambler.ru	 0000-0002-5818-0804

¹ Russian State Agrarian University, 49, Timiryazevskaya str., Moscow, 127434, Russia

Abstract. The article presents scientific and technical forecasting for the modernization of technological processes in the production of candy waffles with filling. The conducted research focuses on improving the characteristics of equipment used for applying filling to waffle sheets, which plays a key role in enhancing product quality. The study utilizes a "black box" model to structure the filling application process based on four groups of parameters: controlling, controlled, disturbing, and observable. The expert evaluation method identified 13 key factors influencing product quality. Among the most significant factors are the humidity of the filling, the quality of semi-finished products, and the humidity of the finished waffles with filling. To assess the feasibility of equipment modernization, an analysis of the technical level of the machine's design was conducted, resulting in a score of 0.67. This indicates the viability and relevance of the proposed changes. The proposed modifications to the equipment aim to increase process automation, improve the uniformity of filling application, reduce energy consumption, and ensure compliance with sanitary standards. Additionally, the article examines the impact of environmental conditions, raw material quality, and equipment technical condition on the technological process. The implementation of modernized equipment demonstrated significant improvements in product quality, reduced production costs, and adherence to sanitary regulations. The research findings are of great importance for the development of the food industry. They contribute to the automation of production processes, ensure environmental safety, and enhance product competitiveness. The materials of the article will be valuable for engineers, technologists, and researchers involved in the development and improvement of equipment in the food industry, as well as for enterprises aiming to increase the efficiency of their production processes.

Keywords: forecasting, waffles, filling, candy mass, "black box".

Для цитирования

Устинова Ю.В., Просин М.В., Бородулин Д.М., Доня Д.В. Прогнозирование развития технологических процессов на примере ведущего оборудования линии производства конфет вафель с начинкой // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 4. С. 68–74. doi:10.20914/2310-1202-2024-4-68-74

For citation

Ustinova Y.V., Prosin M.V., Borodulin D.M., Donya D.V. Forecasting the development of technological processes using the example of the leading equipment of the candy waffle production line with filling. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 4. pp. 68–74. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-4-68-74

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Современные условия рыночной экономики требуют постоянного совершенствования производственных процессов и повышения качества продукции. В условиях глобальной конкуренции развитие малых и средних предприятий становится важным элементом экономической стабильности, так как такие предприятия обладают высокой гибкостью в адаптации к изменяющимся запросам потребителей. Важным инструментом их успешного развития является внедрение инновационных технологий, которые не только позволяют сократить затраты, но и способствуют созданию продукции с улучшенными характеристиками. Особое значение приобретает модернизация оборудования и разработка новых технологических подходов, которые способны обеспечить предприятиям конкурентные преимущества [1].

Пищевая промышленность, как одна из наиболее значимых отраслей, ориентирована на улучшение качества продукции, расширение ассортимента и снижение себестоимости производства. Для этого внедряются современные методы прогнозирования, автоматизации и цифровизации. Одним из наиболее актуальных направлений исследований в этой сфере является производство вафель с начинкой, которое включает такие важные этапы, как подготовка сырья, нанесение начинки и упаковка готовых изделий. Усовершенствование ключевых узлов технологических линий, в частности оборудования для нанесения начинки, позволяет значительно повысить качество продукции и производительность [1-3].

Для пищевой промышленности критически важны стратегические принципы, направленные на улучшение производственных процессов, повышение качества продукции и обеспечение экологической устойчивости. Основной задачей остается переход от ручного труда к полностью механизированному и автоматизированному технологиям, которые способны значительно повысить производительность и снизить издержки. Для реализации этого необходимо не только увеличить объем высокотехнологичного оборудования, работающего в автоматическом режиме, но и обеспечить его адаптацию к различным видам сырья и продукции. Это создает условия для гибкости производственных процессов и позволяет удовлетворять разнообразные потребности рынка.

Расширение ассортимента и повышение качества продукции являются важными аспектами развития. Рациональная переработка исходного сырья, включая использование возвратных отходов, способствует снижению производственных потерь и улучшению экономической эффективности. Важное значение имеет развитие линейки диетических продуктов, обогащенных

витаминами, детского питания и полуфабрикатов, включая быстрозамороженные овощи, фрукты и готовые блюда, которые не требуют дополнительной кулинарной обработки. Производство такой продукции отвечает современным запросам потребителей, ориентированных на удобство, здоровье и качество [4-6].

Отдельное внимание уделяется упаковочным материалам, которые должны соответствовать требованиям экологической безопасности и быть адаптированы для различных видов продукции – твердых, жидких, сыпучих или вязких. Создание высококачественных упаковочных решений является не только вопросом удобства и сохранности продукции, но и важным фактором конкурентоспособности на рынке. Для обеспечения безопасности продукции на всех этапах её производства требуется строгое соблюдение санитарных и бактериологических норм, начиная с поступления сырья на предприятия и заканчивая упаковкой готовых изделий. Эффективные мероприятия по минимизации влияния вредных производственных факторов позволяют не только улучшить качество продуктов, но и способствуют общей устойчивости и надежности пищевой промышленности [6-7].

Материалы и методы

Вафли являются мучными кондитерскими изделиями, изготовление которых осуществляется из вафельных листов, содержащих между слоями листов различную начинку. Сами вафельные листы, в зависимости от рецептуры применяемого тоста, делятся на три следующих вида:

- сдобные сахарные, в рецепт которых входят мука высшего сорта, яичные желтки, сахар, жир и молоко;
- полусахарные, в рецепте отсутствует молоко;
- простые, для изготовления которых не используется сахар, молоко, масло и жир.

Производство вафель с начинкой осуществляется на поточных линиях, в которых реализуются непрерывные процессы выпечки вафельных листов, нанесение начинки и резка вафельных листов. Таким образом можно выделить следующие основные стадии приготовления вафель с начинкой:

- подготовка сырья;
- приготовление вафельного теста;
- приготовление начинки;
- приготовление вафельного листа;
- охлаждение вафельного листа;
- нанесение начинки на вафельный лист;
- приготовление вафельных блоков;
- резка вафельных блоков на заготовки;
- упаковка вафель в потребительскую и торговую тару [9].

Результаты

Было проведено научно-техническое прогнозирование, с целью проанализировать целесообразности изменений в конструкции машины. Для этого составлены операторная модель технологического процесса производства вафель, модель «черного ящика» операции нанесения начинки на вафельный лист. Для удобства структурирования и оценки значимости факторов использован метод экспертного оценивания, результаты отображены в виде матрицы рангов. Разработан ГОСТ для определения уровня технического развития прототипа и усовершенствованной машины для нанесения начинки на вафельный лист.

Исследование характеристик, оказывающих воздействие на выполнение процесса нанесения начинки на вафельный лист, было выполнено с использованием четырех различных параметров, которые являлись управляющими, управляемые, возмущающие и наблюдаемые, а сам технологический процесс нанесения начинки на вафельный лист выполнялся в комбинированной машине, предназначенной для нанесения начинки на вафельный лист. Выявленных показателей, оказывающих влияние на качество обработки полуфабриката, оказалось 13, которые представлены

на рисунке 1. На рисунке представлена модель «черного ящика», применимого для подсистемы образования промежуточного продукта, характеризуемого заданными технологическими параметрами качества.

Модель черного ящика процесса нанесения начинки включает в себя входные (управляющие и возмущающие) и выходные (управляемые и наблюдаемые) параметры.

Входные параметры делятся на:

Управляющие параметры непосредственно влияют на технологический процесс. Их можно измерить и целенаправленно изменить, что позволяет управлять процессом.

Возмущающие параметры – это переменные, которые влияют на ход технологического процесса, но не могут быть изменены целенаправленно.

Выходные параметры включают:

– управляемые параметры: переменные, изменение которых демонстрирует эффективность технологического процесса.

– наблюдаемые параметры: переменные, которые косвенно связаны с характером процесса и отражают состояние исследуемого объекта.

Входные параметры являются внешними по отношению к процессу, в то время как выходные параметры являются внутренними.

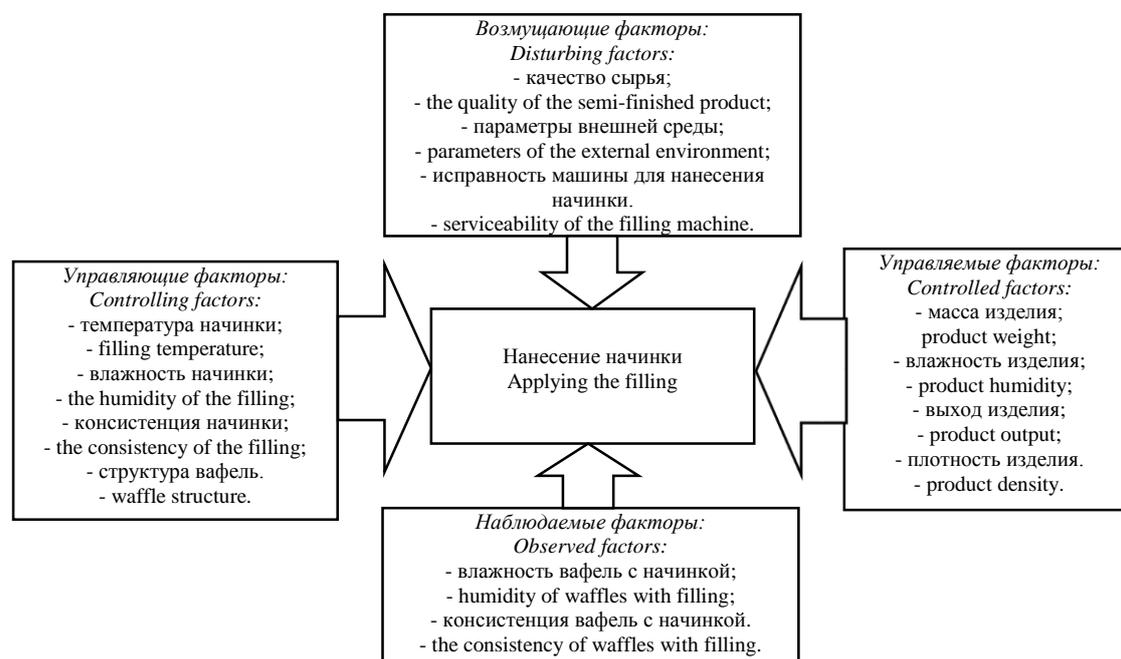


Рисунок 1. Модель «черного ящика»

Figure 1. The "black box" model

К *управляющим* параметрам рассматриваемого технологического процесса можно отнести следующие параметры:

- температура начинки;
- влажность начинки;
- консистенция начинки;
- структура вафель.

К *управляемым* параметрам рассматриваемого технологического процесса можно отнести следующие параметры:

- масса изделия;
- влажность изделия;
- выход изделия;
- плотность изделия.

К возмущающим параметрам рассматриваемого технологического процесса можно отнести следующие параметры:

- качество сырья;
- параметры внешней среды;
- исправность машины для нанесения начинки.

К наблюдаемым параметрам рассматриваемого технологического процесса можно отнести следующие параметры:

- влажность вафель с начинкой;
- консистенция вафель с начинкой [10].

При рассмотрении черного ящика (рисунок 1), 6 экспертов дали оценку от 1 до 13, расставив факторы по значимости для процесса нанесения начинки (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты экспертного опроса

Table 1.

The results of the expert survey

Фактор The factor	Эксперты Experts						Сумма рангов Sum of the ranks	Максимальный ранг Maximum rank	Минимальный ранг Minimum rank	Средняя сумма рангов Average sum of ranks	Отклонение суммы рангов Deviation of the sum of ranks	Квадрат отклонения суммы рангов Square of the deviation of the sum of ranks	Занимаемое место Occupied place	Вес факторов Weight of factors
	1	2	3	4	5	6								
	Ранги оценки Grades of assessment													
Качество полуфабриката Quality of semi-finished product	11	13	13	7	5	10	59	13	5	42	17	289	12	0,022
Параметры внешней среды Parameters of external environment	2	5	4	13	10	13	47	13	2	42	5	25	9	0,055
Исправность машины Serviceability of the machine	1	10	3	6	4	1	23	10	1	42	-17	289	3	0,121
Масса изделия Product weight	8	2	7	3	3	12	35	12	2	42	-7	49	5	0,099
Выход изделия Product output	7	4	9	10	7	9	46	10	4	42	4	16	8	0,066
Влажность изделия Product humidity	9	3	8	11	11	11	53	11	3	42	11	121	10	0,044
Плотность изделия Product density	6	1	2	2	6	6	23	6	1	42	-19	361	2	0,132
Влажность вафель с начинкой Humidity of waffles with filling	10	9	12	9	9	7	56	12	7	42	14	196	11	0,033
Консистенция вафель с начинкой Consistency of waffles with filling	5	6	5	4	2	8	30	8	2	42	-12	144	4	0,11
Температура начинки Filling temperature	12	8	11	5	8	2	46	12	2	42	4	16	7	0,077
Влажность начинки Filling humidity	13	12	10	12	13	5	65	13	5	42	23	529	13	0,011
Консистенция начинки The consistency of the filling	4	11	1	1	1	3	21	11	1	42	-21	441	1	0,143
Структура вафель Waffle structure	3	7	6	8	12	4	40	12	3	42	-2	4	6	0,088

Шести опрошенным экспертам было предложено оценить 13 факторов, оказывающих влияние на разделение конфетной массы в агрегате для резки конфетной массы. Выявление значимости весомости этих критериев осуществлялось по 13-бальной шкале, в которой наиболее значимый показатель приравнивается единице [11].

Расчет параметров для полученных факторов [12, 14]:

- сумма рангов S_i

$$S_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}, \tag{1}$$

- среднее значение сумм рангов L

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \tag{2}$$

- сумма квадратов отклонений S

$$S = \sum_{i=1}^n (S_i - L)^2, \tag{3}$$

- коэффициент конкордации W

$$W = \frac{13S}{m^2(n^3 - n)}. \tag{4}$$

Обсуждение

В результате расчетов был получен коэффициент конкордации, равный 0,94. Однако, при полной согласованности мнений экспертов в части выявления значимости влияния факторов данный коэффициент должен быть равен единице [13, 15-16].

Наглядное отображение ранжирования мнений экспертов представлено в виде гистограммы на рисунке 2.

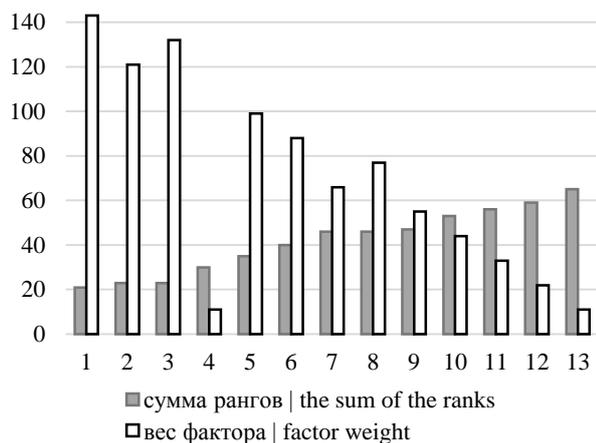


Рисунок 2. Гистограмма рангов

Figure 2. A histogram of ranks

Присвоим порядковый номер для каждой суммы рангов, при этом нумерацию будем осуществлять по возрастанию. Таким образом,

получим, что чем выше сумма ранга, тем более значимое влияние оказывается на технологический процесс нанесения начинки. Анализируя полученную гистограмму на рисунке 2 видно, что все рассмотренные факторы условно делятся на три группы, первая группа: факторы с 1 по 3; вторая – с 4 по 9; третья – с 10 по 13.

По результатам экспертных оценок при ранжировании факторов (рисунок 2) удалось выделить 3 основных фактора, влияющих на процесс. Это влажность начинки, качество полуфабрикатов и влажность вафель с начинкой.

Перспективность модернизации оборудования можно определить с помощью генеральной определительной таблицы. Она позволяет понять технический уровень структуры подсистемы, который равен $U_{эл} = 0,67$. Технический уровень элемента входит в предел от 0,60 до 0,79, соответственно, данная модернизация является перспективной [17-20].

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что в технологическом процессе нанесения начинки на вафельный лист к существенным факторам можно отнести следующие три фактора: влажность начинки, качество полуфабрикатов и влажность вафель с начинкой. Также установлена перспективность модернизации оборудования для процесса нанесения начинки на вафельный лист.

Литература

- 1 Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики". URL: https://issek.hse.ru/data/2017/05/03/1171421726/Prognoz_APK_2030.pdf
- 2 Магомедов Г.О., Олейникова А.Я., Журавлев А.А., Шевякова Т.А. Мягкие вафли с начинкой на основе тывквенного поро // Вестник ВГУИТ. 2013. № 2 (56). С. 115-118.
- 3 Пат. № 2608729, RU, A23L 2/52. Способ получения инстант-продуктов на основе концентратов плодово-ягодных соков, содержащих различные функциональные добавки / В.В. Тихонов, Н.В. Тихонов, И.Н. Тихонова. № 2014141885; Заявл. 16.10.2014; Опубл. 23.01.2017.
- 4 Скобельская З.Г., Балыхин М.Г., Хасанова С.Д., Гинс М.С. Применение амарантовой муки в производстве вафельных листов повышенной пищевой ценности. Достижения науки и техники АПК. № 34 (6). С. 92-96. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10618
- 5 Aussanasuwannakul A, Puntaburt K, Pantoa T. Enhancing Gluten-Free Crispy Waffles with Soybean Residue (Okara) Flour: Rheological, Nutritional, and Sensory Impacts. Foods. 2024. №13(18). P. 2951. doi:10.3390/foods13182951
- 6 Bochkaryov P. Yu., Korolev R.D., Bokova L.G. Comprehensive Assessment of the Manufacturability of Products. Advanced Engineering Research. 2023. № 23(2). P. 155-168. doi.org:10.23947/2687-1653-2023-23-2-155-168
- 7 Базров Б.М. Обеспечение технологичности конструкций изделий. Научно-технические технологии в машиностроении. 2020. №8(110). С. 18-22. doi:10.30987/2223-4608-2020-8-18-22
- 8 Чернецов А.Н. Методы технологического прогнозирования // Вестник науки. 2019. № 6 (15). С. 124-129.
- 9 Скобельская З. Г., Гончарук И. В., Соловарова А. Е. Расширение ассортимента вафель профилактического назначения // Пищевая промышленность. 2016. № 9. С. 20-22.
- 10 Резниченко И. Ю., Агеенко Д. Д., Щеглов М. С. Анализ качества мучных кондитерских изделий с использованием метода развертывания функции качества // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 42-50.
- 11 Горький А.С. Система оценки и прогнозирования перспектив развития региональных промышленных систем с учетом инновационно-технологического фактора // Вестник Самарского университета. Т. 14. № 3. С. 50-58. doi:10.18287/2542-0461-2023-14-3-50-58
- 12 Качанова Л.С. Методика прогнозирования и сценарии развития технологических процессов производства и применения органических удобрений в аграрном секторе экономики // Инновации и инвестиции. 2018. № 7. С.107-110.

- 13 Сержаков Г.Н. Развитие методологических аспектов прогнозирования процессов развития нового технологического уклада экономики // Вестник Полоцкого государственного университета. 2018. № 6. С. 86-93.
- 14 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretzky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass // *Advanced Materials & Technologies*. 2016. № 2. P. 43-47.
- 15 Ho, T.T., Tran L. V., Tran H. M., Dao S.V. Machine Learning in Demand Forecasting. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*.2022. V. 7. № 3. P. 225–233.
- 16 Ho T.T., Tran L.V., Tran H.M., Dao, S.V. Machine Learning in Demand Forecasting. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*. 2024. V.6. №1. doi:0.36948/ijfmr.2024.v06i01.14204
- 17 Garre, A., Ruiz, M.C., Hontoria, E. Application of Machine Learning to support production planning of a food industry in the context of waste generation under uncertainty. *Operations Research Perspectives*. №7. P. 100147. doi: 10.1016/j.orp.2020.100147
- 18 Sacco R., Guidoboni G., Mauri A.G. A Comprehensive Physically Based Approach to Modeling in Bioengineering and Life Sciences, Academic Press. 2019. P. 805–817. doi:10.1016/B978-0-12-812518-2.00047-0
- 19 Hassija, V., Chamola, V., Mahapatra, A. Interpreting Black-Box Models: A Review on Explainable Artificial Intelligence. *Cogn Comput*. 2024. № 16. P. 45–74. doi:10.1007/s12559-023-10179-8
- 20 Singh, P., Ban, Y. G., Kashyap, L., Siraree, A. Sugar and sugar substitutes: recent developments and future prospects. *Sugar and sugar derivatives: changing consumer preferences*. 2020. P. 39-75.

References

- 1 Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030. National Research University "Higher School of Economics". URL: https://issek.hse.ru/data/2017/05/03/1171421726/Prognoz_APK_2030.pdf
- 2 Magomedov G.O., Oleinikova A.Ya., Zhuravlev A.A., Shevyakova T.A. Soft waffles with pumpkin puree filling // *Vestnik VGUIT*. 2013. no. 2 (56). pp. 115-118. (in Russian).
- 3 V.V. Tikhonov, N.V. Tikhonov, I.N. Tikhonova. A method for obtaining instant products based on fruit and berry juice concentrates containing various functional additives. Patent RF, no. 2608729, 2017. (in Russian).
- 4 Skobelskaya Z.G., Balykhin M.G., Khasanova S.D., Gins M.S. The use of amaranth flour in the production of wafer sheets of increased nutritional value. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. no. 34 (6). pp. 92-96. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10618 (in Russian).
- 5 Aussanasuwannakul A, Puntaburt K, Pantoa T. Enhancing Gluten-Free Crispy Waffles with Soybean Residue (Okara) Flour: Rheological, Nutritional, and Sensory Impacts. *Foods*. 2024. no. 13(18). pp. 2951. doi:10.3390/foods13182951(in Russian).
- 6 Bochkaryov P. Yu., Korolev R.D., Bokova L.G. Comprehensive Assessment of the Manufacturability of Products. *Advanced Engineering Research*. 2023. no. 23(2). pp. 155–168. doi: 10.23947/2687-1653-2023-23-2-155-168
- 7 Bazrov B.M. Ensuring the manufacturability of product designs. High-tech technologies in mechanical engineering. 2020. no.8(110). pp. 18-22. doi:10.30987/2223-4608-2020-8-18-22 (in Russian).
- 8 Chemetsov A.N. Methods of technological forecasting // *Bulletin of Science*. 2019. no. 6 (15). pp. 124-129. (in Russian).
- 9 Skobelskaya Z. G., Goncharuk I. V., Solovarova A. E. Expanding the range of wafers for preventive purposes // *The food industry*. 2016. no. 9. pp. 20-22. (in Russian).
- 10 Reznichenko I. Yu., Ageenko D. D., Shcheglov M. S. Quality analysis of flour confectionery products using the method of deploying the quality function // *Polzunovsky Bulletin*. 2022. no. 2. pp. 42-50. (in Russian).
- 11 Gorky A.S. A system for assessing and forecasting the prospects for the development of regional industrial systems taking into account the innovation and technological factor // *Bulletin of Samara University*. Vol. 14. no. 3. pp. 50-58. doi:10.18287/2542-0461-2023-14-3-50-58 (in Russian).
- 12 Kachanova L.S. Methods of forecasting and scenarios for the development of technological processes for the production and use of organic fertilizers in the agricultural sector of the economy // *Innovations and investments*. 2018. no. 7. pp.107-110. (in Russian).
- 13 Seryakov G.N. The development of methodological aspects of forecasting the development of a new technological structure of the economy // *Bulletin of the Polotsk State University*. 2018. no. 6. pp. 86-93. (in Russian).
- 14 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretzky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass // *Advanced Materials & Technologies*. 2016. no. 2. pp. 43-47. (in Russian).
- 15 Ho, T.T., Tran L. V., Tran H. M., Dao S.V. Machine Learning in Demand Forecasting. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*.2022. Vol. 7. no. 3. pp. 225–233.
- 16 Ho, T.T., Tran, L.V., Tran, H.M., & Dao, S.V. Machine Learning in Demand Forecasting. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*. 2024. Vol.6. no.1. doi: 0.36948/ijfmr.2024.v06i01.14204
- 17 Garre, A., Ruiz, M.C., & Hontoria, E. Application of Machine Learning to support production planning of a food industry in the context of waste generation under uncertainty. *Operations Research Perspectives*. 2020. no. 7. pp. 100147. doi:10.1016/j.orp.2020.100147
- 18 Sacco R., Guidoboni G., Mauri A.G. A Comprehensive Physically Based Approach to Modeling in Bioengineering and Life Sciences, Academic Press. 2019. pp. 805–817. doi:10.1016/B978-0-12-812518-2.00047-0
- 19 Hassija, V., Chamola, V., Mahapatra, A. Interpreting Black-Box Models: A Review on Explainable Artificial Intelligence. *Cogn Comput*. 2024. no. 16. pp. 45-74. doi:10.1007/s12559-023-10179-8
- 20 Singh, P., Ban, Y. G., Kashyap, L., Siraree, A. Sugar and sugar substitutes: recent developments and future prospects. *Sugar and sugar derivatives: changing consumer preferences*. 2020. pp. 39-75.

Сведения об авторах

Юлия В. Устинова к.т.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки продуктов животноводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, yul48888048@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1649-889X>

Максим В. Просин к.т.н., доцент, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, prosinmv@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4615-5628>

Дмитрий М. Бородулин д.т.н., профессор, кафедра технологии хранения и переработки продуктов животноводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, borodulin@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>

Денис В. Дonya к.т.н., доцент, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, doniadv@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5818-0804>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Yulia V. Ustinova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of technology of storage and processing of animal products, Russian State Agrarian University, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127434, Russia, yul48888048@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1649-889X>

Maksim V. Prosin Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries, Russian State Agrarian University, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127434, Russia, prosinmv@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4615-5628>

Dmitry M. Borodulin Dr. Sci. (Engin.), professor, Department of technology of storage and processing of animal products, Russian State Agrarian University, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127434, Russia, borodulin@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>

Denis V. Donya Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries, Russian State Agrarian University, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127434, Russia, doniadv@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5818-0804>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/10/2024	После редакции 14/11/2024	Принята в печать 28/11/2024
Received 21/10/2024	Accepted in revised 14/11/2024	Accepted 28/11/2024