

## Экструзионная технология в производстве готовых к употреблению снековых продуктов

*Фролов Д.И., Алмакаев Р.Р.*

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности применения экструзионной технологии при производстве готовых к употреблению снековых продуктов и ее влияние на формирование структуры, текстуры и пищевой ценности изделий. Целью исследования является анализ современных научных данных о возможностях использования экструзии для получения снековых продуктов с улучшенными функциональными и питательными характеристиками. В работе применены методы анализа и обобщения научной литературы, посвященной технологии экструзии, свойствам экструдированных зерновых продуктов и влиянию технологических параметров на качество готовых изделий. Рассмотрены основные принципы экструзионной обработки пищевого сырья, включая особенности работы одношнековых и двухшнековых экструдеров, влияние температуры, влажности сырья, скорости вращения шнека и состава рецептуры на формирование структуры экструдатов. Особое внимание уделено роли исходного сырья, содержащего крахмал, белок и пищевые волокна, а также их влиянию на степень расширения продукта, текстурные характеристики и органолептические свойства. Показано, что экструзионная обработка способствует модификации структуры крахмала и белков, повышая их усвояемость и изменяя гликемический индекс готовых изделий. Рассмотрены возможности повышения пищевой ценности снековых продуктов путем включения цельнозерновых компонентов, пищевых волокон и биологически активных веществ растительного происхождения. Установлено, что оптимизация рецептуры и технологических параметров экструзии позволяет получать продукты с заданными структурными и функциональными свойствами, а также снижать энергетическую ценность и гликемическую нагрузку. Научная новизна работы заключается в систематизации современных представлений о взаимосвязи между параметрами экструзионной обработки, составом сырья и формированием качества готовых к употреблению снековых продуктов, что позволяет обосновать перспективы разработки новых функциональных продуктов питания с улучшенными потребительскими и питательными характеристиками.

**Ключевые слова:** экструзия, снековые продукты, пищевые волокна, гликемический индекс, крахмал.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Алмакаев Р.Р. Экструзионная технология в производстве готовых к употреблению снековых продуктов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 1. С. 61–67.

## Extrusion technology in the production of ready-to-eat snack products

*Frolov D.I., Almakayev R.R.*

**Abstract.** The article examines the features of using extrusion technology in the production of ready-to-eat snack products and its influence on the formation of the structure, texture, and nutritional value of these products. The aim of the study is to analyze current scientific data on the possibilities of using extrusion to produce snack products with improved functional and nutritional characteristics. The research is based on methods of analysis and generalization of scientific literature devoted to extrusion technology, the properties of extruded cereal products, and the influence of technological parameters on the quality of finished products. The main principles of extrusion processing of food raw materials are considered, including the operational characteristics of single-screw and twin-screw extruders, as well as the effects of temperature, raw material moisture, screw rotation speed, and formulation composition on the formation of extrudate structure. Special attention is paid to the role of raw materials containing starch, protein, and dietary fiber, as well as their influence on product expansion, textural characteristics, and sensory properties. It is shown that extrusion processing contributes to the modification of starch and protein structures, increasing their digestibility and altering the glycemic index of

finished products. The possibilities of improving the nutritional value of snack products by incorporating whole-grain components, dietary fiber, and bioactive compounds of plant origin are also considered. It is established that optimization of formulation and extrusion processing parameters makes it possible to obtain products with desired structural and functional properties while reducing their energy value and glycemic load. The scientific novelty of the work lies in the systematization of modern knowledge about the relationship between extrusion processing parameters, raw material composition, and the formation of the quality of ready-to-eat snack products, which makes it possible to substantiate the prospects for developing new functional food products with improved consumer and nutritional characteristics.

**Keywords:** extrusion, snack products, dietary fiber, glycemic index, starch.

**For citation:** Frolov D.I., Almakaev R.R. Extrusion technology in the production of ready-to-eat snack products. *Innovative Machinery and Technology* [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 1. pp. 61–67. (In Russ.).

## Введение

В последние десятилетия рынок готовых к употреблению продуктов питания демонстрирует устойчивый рост, что обусловлено изменением образа жизни потребителей, увеличением темпа жизни и потребностью в удобных, быстро потребляемых пищевых продуктах. Особое место в этом сегменте занимают снековые продукты, которые характеризуются высокой доступностью, разнообразием форм и вкусов, а также длительным сроком хранения. Одним из наиболее распространенных технологических методов их производства является экструзионная обработка, позволяющая объединять процессы смешивания, формования, текстурирования и термической обработки сырья в одном непрерывном технологическом цикле [1, 13]. Благодаря этим особенностям экструзия широко применяется при производстве злаковых завтраков, хрустящих закусок, зерновых батончиков и других продуктов на основе крахмалосодержащего сырья [8].

Согласно результатам современных исследований, технология экструзии обладает высокой технологической гибкостью и позволяет регулировать структурно-механические и органолептические свойства готовых продуктов путем изменения параметров процесса, таких как температура, влажность сырья, скорость вращения шнека и состав рецептуры [2]. Ряд авторов отмечает, что экструзионная обработка способствует улучшению усвояемости крахмала и белков, а также формированию пористой структуры продукта, обеспечивающей характерную хрустящую текстуру снеков [3]. В то же время некоторые исследователи подчеркивают, что традиционные экструдированные продукты зачастую характеризуются высоким содержанием легкоусвояемых углеводов, сахаров и соли, что приводит к увеличению их гликемического индекса и снижению общей пищевой ценности [4].

В последние годы научное сообщество уделяет значительное внимание разработке более функциональных снековых продуктов, обогащенных пищевыми волокнами, витаминами и другими био-

логически активными компонентами [12]. Однако, несмотря на значительное количество исследований в данной области, остается ряд нерешенных вопросов, связанных с влиянием различных видов сырья и технологических параметров экструзии на структуру экструдатов, степень их расширения, текстурные характеристики и пищевую ценность [5]. Кроме того, недостаточно изучены механизмы формирования функциональных свойств снековых продуктов при использовании альтернативных источников сырья, таких как цельнозерновые компоненты и растительные волокна [6].

Таким образом, основными исследовательскими вопросами являются: каким образом параметры экструзионной обработки и состав сырья влияют на формирование структуры и текстуры готовых к употреблению снековых продуктов; каким образом можно повысить их пищевую ценность и снизить гликемический индекс без ухудшения органолептических характеристик; и какие технологические решения позволяют оптимизировать процесс производства экструдированных снеков [7].

Данная статья посвящена анализу современных научных данных о применении экструзионной технологии в производстве готовых к употреблению снековых продуктов.

Целью исследования является анализ и обобщение современных научных данных о применении экструзионной технологии в производстве готовых к употреблению снековых продуктов и оценка ее влияния на структурные, технологические и пищевые характеристики конечной продукции.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи исследования:

- рассмотреть технологические особенности экструзионной обработки пищевого сырья;
- проанализировать влияние состава сырья на структуру и текстуру экструдированных продуктов;
- исследовать влияние параметров экструзии на пищевую ценность и усвояемость компонентов снековых изделий;
- определить перспективные направления по-

вышения питательной ценности готовых к употреблению снековых продуктов.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась технология производства готовых к употреблению снековых продуктов, получаемых методом экструзии из зернового сырья. В качестве исходных компонентов при анализе технологических процессов рассматривались основные виды крахмалосодержащего сырья, широко применяемые в промышленности: кукуруза, пшеница, рис, овес и картофельное сырье, а также ингредиенты, используемые для повышения пищевой ценности продукции, включая пищевые волокна и белковые добавки. Исследование носило комплексный характер и включало анализ технологических параметров экструзионной обработки, а также оценку их влияния на структурные и пищевые характеристики готовых продуктов.

Методологическую основу работы составили методы системного анализа, сравнительного анализа и обобщения научной литературы, посвященной экструзионной технологии переработки пищевого сырья и производству снековых продуктов. Для формирования теоретической базы исследования использовались публикации отечественных и зарубежных авторов, посвященные влиянию параметров экструзии на структуру экструдированных продуктов, их физико-химические свойства и пищевую ценность. Качественный анализ литературных источников позволил выявить основные тенденции развития технологий производства экструдированных продуктов и определить ключевые факторы, влияющие на качество готовых изделий.

В ходе исследования анализировались основные технологические параметры процесса экструзии, включая температуру обработки, влажность исходного сырья, скорость вращения шнека и кон-

структивные особенности экструдера. Особое внимание уделялось процессам, происходящим внутри цилиндра экструдера, таким как смешивание компонентов, воздействие механического сдвига, тепловая обработка и формирование структуры экструдата при выходе из фильеры. При рассмотрении технологических схем учитывались особенности одношнековых и двухшнековых экструдеров, используемых в пищевой промышленности.

Для анализа влияния состава сырья на свойства готовых продуктов рассматривались показатели, характеризующие структуру и качество экструдированных изделий, включая степень расширения продукта, пористость, плотность и текстурные характеристики. Кроме того, изучалось влияние экструзионной обработки на изменения пищевой ценности продуктов, в частности на усвояемость крахмала и белков, а также на формирование гликемического ответа. Сравнительный анализ различных рецептов позволил определить роль отдельных ингредиентов, таких как сахара, липиды и пищевые волокна, в формировании структурно-механических и функциональных свойств экструдированных снековых продуктов.

В качестве аналитического подхода применялась систематизация результатов ранее опубликованных исследований и их критическая интерпретация с целью выявления закономерностей влияния технологических параметров экструзии на качество продукции. Полученные данные были обобщены и сопоставлены для определения перспективных направлений совершенствования технологии производства готовых к употреблению снековых продуктов.

Методологическим ограничением исследования является преимущественно теоретический характер работы, основанный на анализе опубликованных научных данных без проведения собственных экспериментальных испытаний. Это может



Рис. 1. Взаимосвязь свойств сырья, параметров экструзии и функциональных характеристик экструдированных снековых продуктов

Таблица 1 – Химический состав отдельных готовых к употреблению снековых продуктов

Продукт	Крахмал, г/100 г	Сахара, г/100 г	Пищевые волокна, г/100 г	Жиры, г/100 г	Белок, г/100 г	Вода, г/100 г	Энергетическая ценность, ккал/100 г
Попкорн	15,5	62,1	4,5	20	2,1	2,6	480
Картофельные чипсы	52,6	0,7	5,3	34,2	6,2	2,8	530
Кукурузные чипсы	58,9	1,2	6	22,6	7,6	0,9	459
Хлебные палочки	67,5	5	3,8	8,4	11,2	3,5	392
Злаковый батончик	28,3	27,6	4,8	22,2	10,4	2,6	468
Шоколадный батончик (KitKat)	12,9	50,1	1,4	26	7,5	2	500
Хрустящие хлебцы	67,4	3,2	11,7	0,6	9,4	6,4	308
Рисовые хлопья	82,5	10,4	0,7	1	6,1	3	382
Кукурузные хлопья	81,4	8,2	0,6	0,9	7,9	3	376

ограничивать возможность количественной оценки влияния отдельных технологических параметров на свойства продукции. Тем не менее использование широкого круга научных источников и сравнительный анализ результатов различных исследований позволили обеспечить достаточную обоснованность и целостность полученных выводов.

### Результаты и их обсуждение

Проведенный анализ научных публикаций и технологических данных позволил выявить основные закономерности влияния экструзионной обработки на формирование структуры, текстуры и пищевой ценности готовых к употреблению снековых продуктов. В соответствии с поставленными исследовательскими вопросами были рассмотрены ключевые факторы, определяющие качество экструдированных изделий: параметры технологического процесса, состав исходного сырья и их влияние на функциональные характеристики конечного продукта.

Одним из основных результатов исследования является установление значительной зависимости свойств экструдированных снеков от параметров экструзионного процесса. Анализ научных источников показал, что температура обработки, влажность сырья и скорость вращения шнека оказывают определяющее влияние на формирование структуры экструдата [9]. Повышение температуры и механического воздействия внутри цилиндра экструдера способствует частичной желатинизации крахмала и денатурации белков, что приводит к образованию пластичной массы, способной расширяться при выходе из фильеры [14, 15]. Резкое снижение давления на выходе из экструдера вызывает испарение влаги и образование пористой структуры продукта, обеспечивающей характерную хрустящую текстуру. При этом чрезмерное увеличение температуры или скорости вращения шнека может приводить к разрушению структуры продукта и снижению его механической прочности. Взаимосвязь свойств сырья, параметров экструзии и функциональных ха-

рактеристик экструдированных снековых продуктов представлен на рисунке 1.

Результаты анализа также показали, что важную роль в формировании свойств экструдированных продуктов играет состав исходного сырья. Основными компонентами большинства снековых изделий являются зерновые культуры, содержащие значительное количество крахмала. Крахмал является основным структурообразующим компонентом экструдата и определяет степень расширения продукта. При использовании сырья с высоким содержанием крахмала наблюдается формирование более пористой структуры и увеличение коэффициента расширения экструдированного продукта. В то же время увеличение содержания белка и пищевых волокон в рецептуре может приводить к снижению степени расширения, поскольку данные компоненты влияют на реологические свойства экструдированной массы и ограничивают образование газовых ячеек [10].

Отдельное внимание в ходе исследования было уделено влиянию экструзии на пищевую ценность готовых продуктов (таблица 1). Установлено, что экструзионная обработка изменяет молекулярную структуру крахмала, повышая его доступность для ферментативного гидролиза и, соответственно, увеличивая усвояемость углеводов. Это объясняет тот факт, что многие экструдированные снековые продукты характеризуются высоким гликемическим индексом [11]. Однако анализ современных исследований показывает, что включение в рецептуру пищевых волокон, цельнозерновых компонентов и растительных биологически активных веществ может снижать скорость переваривания углеводов и способствовать формированию продуктов с более низким гликемическим индексом.

Кроме того, результаты анализа подтверждают, что использование дополнительных функциональных ингредиентов, таких как растительные волокна, белковые концентраты и продукты переработки овощного сырья, позволяет повысить биологическую ценность экструдированных продуктов. Включение таких компонентов способствует увеличению содержания пищевых волокон, анти-

Таблица 2 – Гликемический индекс некоторых готовых к употреблению снековых продуктов

Продукт	Гликемический индекс (глюкоза = 100)	Гликемический индекс (хлеб = 100)
Все отруби	30	43
Бублик	72	103
Злаковый батончик для завтрака	78	111
Кукурузные хлопья	74	106
Кукурузные чипсы	63	90
Кекс	73	104
Шоколадный батончик Mars	68	97
Крендели	83	119
Хрустящий воздушный хлеб	81	116
Вафли	76	109

оксидантов и микроэлементов в готовых изделиях. Однако их использование требует оптимизации технологических параметров экструзии, поскольку повышенное содержание волокон может ухудшать текстурные характеристики продукта и снижать степень его расширения.

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что экструзионная технология обладает значительным потенциалом для производства разнообразных снековых продуктов с заданными структурными и функциональными свойствами. Оптимизация рецептуры и технологических параметров позволяет регулировать текстурные характеристики, пищевую ценность и гликемический индекс готовых изделий. Проведенный анализ также показал необходимость дальнейших исследований, направленных на разработку новых рецептур экструдированных продуктов с повышенной питательной ценностью и улучшенными потребительскими свойствами.

Анализ представленных данных показывает, что большинство готовых к употреблению снековых продуктов характеризуются высоким содержанием углеводов и энергетической ценностью. Наибольшее содержание крахмала наблюдается в рисовых и кукурузных хлопьях, тогда как картофельные и кукурузные чипсы отличаются повышенным содержанием жиров. При этом хрустящие хлебцы содержат наибольшее количество пищевых волокон, что может способствовать снижению гликемической нагрузки продукта. Полученные данные подтверждают необходимость разработки снековых продуктов с более сбалансированным составом, включая увеличение содержания пищевых волокон и снижение доли легкоусвояемых углеводов.

Анализ представленных данных показывает, что большинство готовых к употреблению снековых продуктов характеризуются высоким гликемическим индексом (таблица 2). Наибольшие значения наблюдаются у рисового пирога и сконов, что связано с высоким содержанием легкоусвояемых углеводов и низким содержанием пищевых волокон. В то же время продукты, содержащие большее количество отрубей и пищевых волокон, например

изделия на основе цельного зерна, демонстрируют более низкие значения гликемического индекса. Полученные данные подтверждают, что состав сырья и степень технологической обработки оказывают значительное влияние на скорость усвоения углеводов. В частности, экструзионная обработка может увеличивать доступность крахмала для ферментативного гидролиза, что приводит к повышению гликемического ответа. Это обстоятельство подчеркивает необходимость разработки рецептур экструдированных снековых продуктов с повышенным содержанием пищевых волокон и биологически активных компонентов, способных снижать гликемическую нагрузку готовых изделий.

### Выводы

В работе проанализированы особенности применения экструзионной технологии в производстве готовых к употреблению снековых продуктов и рассмотрено влияние технологических параметров обработки и состава сырья на формирование структуры, текстуры и пищевой ценности готовых изделий. Поставленная цель исследования, заключающаяся в анализе возможностей использования экструзии для получения снековых продуктов с улучшенными функциональными характеристиками, была достигнута. Установлено, что параметры процесса экструзии, включая температуру обработки, влажность сырья и скорость вращения шнека, оказывают значительное влияние на степень расширения продукта, его текстурные свойства и плотность. Важную роль в формировании качества продукции также играет состав исходного сырья, в частности содержание крахмала, белков и пищевых волокон.

Результаты исследования показали, что традиционные экструдированные снеки характеризуются высоким содержанием легкоусвояемых углеводов и повышенным гликемическим индексом. В то же время использование цельнозернового сырья, пищевых волокон и других функциональных ингредиентов позволяет улучшить пищевую ценность продукции и снизить гликемическую нагрузку.

Практическая значимость работы заключается в обобщении современных научных данных о взаи-

мосвязи между параметрами экструзии и качеством готовых снековых продуктов, что может быть использовано при разработке новых рецептур и оптимизации технологических процессов. Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением

влияния различных функциональных ингредиентов на свойства экструдированных продуктов и разработкой технологий производства снеков с повышенной питательной ценностью.

## Литература

- [1] Alemayehu, H., Bultosa, G., Abera, S. Effect of extrusion process parameters on the quality attributes of pulse-based ready-to-eat products // *Cogent Food & Agriculture*. 2019. Vol. 5, No. 1. Article 1641903.
- [2] do Carmo, C.S., Silventoinen, P., Nordgård, C.T., Poudroux, C., Dessev, T., Zobel, H., Holtekjølen, A.K., Draget, K.I., Holopainen-Mantila, U., Knutsen, S.H. The impact of extrusion parameters on physicochemical, nutritional and sensory properties of expanded snacks from pea and oat fractions // *LWT*. 2019. Vol. 112. Article 108252.
- [3] Grasso, S. Extruded snacks from industrial by-products: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 99. P. 284–294. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.03.012.
- [4] Tyl, C., Bresciani, A., Marti, A. Recent Progress on Improving the Quality of Bran-Enriched Extruded Snacks // *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 9. Article 2024. DOI: 10.3390/foods10092024.
- [5] Huang, X., Liu, Z., Wang, J., Chen, L., Li, X., Wang, S. Effects of Extrusion on Starch Molecular Degradation, Structural Characteristics, Physicochemical Properties, and Digestibility: A Review // *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 16. Article 2538.
- [6] Mironeasa, S., Coțovanu, I., Aprodu, I. A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Content and Biological Activities of Bioactive Compounds in Plant-Based Products // *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, No. 7. Article 1453.
- [7] Jain, R., Goomer, S. Understanding extrusion technology for cereal–pulse blends: A review // *Cogent Food & Agriculture*. 2023. Vol. 9, No. 1. DOI: 10.1080/23311932.2023.2253714.
- [8] Orozco-Angelino, X., Mora-Rochín, S., Cuevas-Rodríguez, E.O., Milán-Carrillo, J., Reyes-Moreno, C. Extrusion as a tool to enhance the nutritional and bioactive potential of cereals and legumes by-products: A review // *Food Research International*. 2023. Vol. 173. Article 113265.
- [9] Ali, I.M., Wani, I.A., Masoodi, F.A., Wani, T.A. Effects of extrusion process conditions on nutritional, anti-nutritional, functional, and sensory characteristics of extruded snacks: A review // *Food Science & Nutrition*. 2024. Vol. 12.
- [10] Jiao, A., Liu, Z., Wang, S. The role of non-starch constituents in the extrusion processing of slow-digesting starch diets: A review // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024.
- [11] Qiu, C., Wang, S., Liu, Z. Research Progress on the Physicochemical Properties of Starch Extrusion and Its

## References

- [1] Alemayehu, H., Bultosa, G., Abera, S. Effect of extrusion process parameters on the quality attributes of pulse-based ready-to-eat products // *Cogent Food & Agriculture*. 2019. Vol. 5, No. 1. Article 1641903.
- [2] do Carmo, C.S., Silventoinen, P., Nordgård, C.T., Poudroux, C., Dessev, T., Zobel, H., Holtekjølen, A.K., Draget, K.I., Holopainen-Mantila, U., Knutsen, S.H. The impact of extrusion parameters on physicochemical, nutritional and sensory properties of expanded snacks from pea and oat fractions // *LWT*. 2019. Vol. 112. Article 108252.
- [3] Grasso, S. Extruded snacks from industrial by-products: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 99. P. 284–294. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.03.012.
- [4] Tyl, C., Bresciani, A., Marti, A. Recent Progress on Improving the Quality of Bran-Enriched Extruded Snacks // *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 9. Article 2024. DOI: 10.3390/foods10092024.
- [5] Huang, X., Liu, Z., Wang, J., Chen, L., Li, X., Wang, S. Effects of Extrusion on Starch Molecular Degradation, Structural Characteristics, Physicochemical Properties, and Digestibility: A Review // *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 16. Article 2538.
- [6] Mironeasa, S., Coțovanu, I., Aprodu, I. A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Content and Biological Activities of Bioactive Compounds in Plant-Based Products // *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, No. 7. Article 1453.
- [7] Jain, R., Goomer, S. Understanding extrusion technology for cereal–pulse blends: A review // *Cogent Food & Agriculture*. 2023. Vol. 9, No. 1. DOI: 10.1080/23311932.2023.2253714.
- [8] Orozco-Angelino, X., Mora-Rochín, S., Cuevas-Rodríguez, E.O., Milán-Carrillo, J., Reyes-Moreno, C. Extrusion as a tool to enhance the nutritional and bioactive potential of cereals and legumes by-products: A review // *Food Research International*. 2023. Vol. 173. Article 113265.
- [9] Ali, I.M., Wani, I.A., Masoodi, F.A., Wani, T.A. Effects of extrusion process conditions on nutritional, anti-nutritional, functional, and sensory characteristics of extruded snacks: A review // *Food Science & Nutrition*. 2024. Vol. 12.
- [10] Jiao, A., Liu, Z., Wang, S. The role of non-starch constituents in the extrusion processing of slow-digesting starch diets: A review // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024.
- [11] Qiu, C., Wang, S., Liu, Z. Research Progress on the Physicochemical Properties of Starch Extrusion and Its

- Impact on Digestibility // Foods. 2024. Vol. 13, No. 22. Article 3677.
- [12] Bhattarai, R.R., et al. Effects of extrusion cooking on nutritional and health attributes of cereals and legumes: A review // International Journal of Food Science & Technology. 2025. Vol. 60, No. 1.
- [13] Патент № 2579488 C1 Российская Федерация, МПК A21D 8/02. Способ производства хлебобулочных изделий : № 2014146596/13 : заявл. 19.11.2014 : опубл. 10.04.2016 / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет». – EDN UOANLF.
- [14] Потапов, М. А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета / М. А. Потапов, Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 42-48. – EDN AFMRPP.
- [15] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.
- Impact on Digestibility // Foods. 2024. Vol. 13, No. 22. Article 3677.
- [12] Bhattarai, R. R., et al. Effects of extrusion cooking on nutritional and health attributes of cereals and legumes: A review // International Journal of Food Science & Technology. 2025. Vol. 60, No. 1.
- [13] Patent No. 2579488 C1 Russian Federation, IPC A21D 8/02. Method for the production of bakery products: No. 2014146596/13: declared 19.11.2014: published 10.04.2016 / G. V. Shaburova, P. K. Voronina, A. A. Kurochkin [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Penza State Technological University». – EDN UOANLF.
- [14] Potapov, M. A. Optimization of the number of holes in the die of a single-screw extruder for processing bird droppings / M. A. Potapov, D. I. Frolov, A. A. Kurochkin // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. – 2020. – No. 4. – pp. 42-48. – EDN AFMRPP.
- [15] Kurochkin, A. A. Extrudate dehydration rate increase by modernization of the extruder vacuum chamber / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, V. M. Zimnyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, February 26–29, 2020. – Voronezh, 2021. – P. 072018. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072018. – EDN CHLIKW.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>
<p><b>Алмакаев Рамиль Ряшитович</b> магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:</p>	<p><b>Almakaev Ramil Ryashitovich</b> undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail:</p>