

ISSN 2414-9845 (Online)  
ISSN 2410-0242 (Print)



# **ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ**

**INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY**

**Том 10**

**№ 1**

**2023**

**Научно-теоретический и практический журнал**

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 10, № 1, 2023

Научно-теоретический и практический журнал  
Издается с 2014 года

### Главный редактор

**Д. И. Фролов**, канд. техн. наук, доцент  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия

### Зам. главного редактора

**А. А. Курочкин**, д-р техн. наук, профессор  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия

### Редакционная коллегия:

- А. М. Зимняков**, канд. хим. наук, доцент  
Пензенский государственный университет,  
Пенза, Россия;
- В. М. Зимняков**, д-р экон. наук, профессор  
Пензенский государственный аграрный  
университет, Пенза, Россия;
- А. И. Купреенко**, д-р техн. наук, профессор  
Брянский государственный аграрный университет,  
Брянск, Россия;
- В. И. Курдюмов**, д-р техн. наук, профессор  
Ульяновская государственная сельскохозяйственная  
академия имени П. А. Столыпина, Ульяновск, Россия;
- О. Н. Кухарев**, д-р техн. наук, профессор  
Пензенский государственный аграрный  
университет, Пенза, Россия;
- В. А. Милюткин**, д-р техн. наук, профессор  
Самарский государственный аграрный  
университет, Кинель, Россия;
- В. Ф. Некрасhevich**, д-р техн. наук, профессор  
Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия;
- А. Н. Омаров**, канд. техн. наук, доктор философии  
Западно-Казахстанский инновационно-  
технологический университет, Уральск, Казахстан;
- С. В. Чекайкин**, канд. техн. наук, доцент  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия;
- Г. В. Шабурова**, канд. техн. наук, доцент  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия

### Адрес редакции:

Фролов Дмитрий Иванович  
г. Пенза, ул. Антонова, д.26 к.209  
E-mail: [surr@itit58.ru](mailto:surr@itit58.ru), [surr@bk.ru](mailto:surr@bk.ru)  
Сайт: <https://itit58.ru>  
Издается 4 раза в год

Журнал «Инновационная техника и технология»  
индексируется в РИНЦ (<http://www.elibrary.ru>),  
Google Scholar, ICI World of Journals,  
DOAJ (<https://doaj.org/toc/2410-0242>), AGRIS.

© Фролов Д. И., 2023

## INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

Volume 10, Issue 1, 2023

Scientific theoretical and practical journal  
Issued since 2014

### Editor-in-Chief

**D. I. Frolov**, candidate of technical sciences,  
associate professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia

### Deputy-chief editor

**A. A. Kurochkin**, doctor of technical sciences, professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia

### Editorial board members:

- A. M. Zimnyakov**, cand. of chemical sciences,  
assoc. professor  
Penza State University, Penza, Russia;
- V. M. Zimnyakov**, doctor of economic sciences,  
professor  
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- A. I. Kupreenko**, doctor of technical sciences,  
professor  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia;
- V. I. Kurdyumov**, doctor of technical sciences, professor  
Ulyanovsk State Agricultural Academy  
in honor of P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia;
- O. N. Kuharev**, doctor of technical sciences,  
professor  
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- V. A. Milutkin**, doctor of technical sciences,  
professor  
Samara State Agrarian University, Kinel, Russia;
- V. F. Nekrashevich**, doctor of technical sciences, professor  
Ryazan State Agrotechnological University  
Named After P.A. Kostychev, Ryazan, Russia;
- A. N. Omarov**, cand. of technical sciences, PhD  
West Kazakhstan Innovative  
and Technological University, Uralsk, Kazakhstan;
- S. V. Chekaykin**, cand. of technical sciences,  
associate professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia;
- G. V. Shaburova**, candidate of technical sciences,  
associate professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia

### The editorial office address:

Dmitry Ivanovich Frolov  
Penza, st. Antonov 26-209  
E-mail: [surr@itit58.ru](mailto:surr@itit58.ru), [surr@bk.ru](mailto:surr@bk.ru)  
website: <https://itit58.ru>  
Issued 4 times a year

“Innovative machinery and technology”  
indexed in the RSCI (<http://www.elibrary.ru>),  
Google Scholar, ICI World of Journals,  
DOAJ (<https://doaj.org/toc/2410-0242>), AGRIS.

© Frolov D. I., 2023

---

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Маринование и его влияние на безопасность мяса и здоровье человека</b><br><i>Боровков Я.Е., Фролов Д.И.</i> .....                                                | 7  |
| <b>Разработка рецептуры хлебобулочных изделий с добавлением растительного компонента: муки из семян подорожника</b><br><i>Буренкова С.А., Пчелинцева О.Н.</i> ..... | 14 |
| <b>Использование пажитника в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов</b><br><i>Гарькина П.К., Селиванов Е.С.</i> .....                               | 20 |
| <b>Использование растительных ингредиентов для повышения потребительских свойств хлебобулочных изделий</b><br><i>Зимняков В.М., Гарькина П.К.</i> .....             | 25 |
| <b>Возможности расширения ассортимента мучных кондитерских изделий</b><br><i>Курицына Ю.С., Гарькина П.К.</i> .....                                                 | 29 |
| <b>Хлеб с добавлением экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы</b><br><i>Куручкин А.А., Буренкова С.А.</i> .....                                                | 33 |
| <b>Функциональный напиток на основе яблочного сока и ростков пшеницы</b><br><i>Поляков А.В., Фролов Д.И.</i> .....                                                  | 39 |
| <b>Влияние основных ингредиентов на текстурные свойства печенья</b><br><i>Юрна Д.А., Фролов Д.И.</i> .....                                                          | 45 |

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Влияние загрязненной нитратами воды на урожайность петрушки</b><br><i>Блинохватов А.А., Симаков Д.Г.</i> .....    | 49 |
| <b>Технологические показатели экструдированного ячменя</b><br><i>Гарькина П.К., Куручкин А.А., Сиркин В.П.</i> ..... | 55 |
| <b>Проблемы при моделировании процессов увлажнения зернового сырья</b><br><i>Димова А.П., Фролов Д.И.</i> .....      | 60 |
| <b>Поликомпонентный экструдат на основе семян перца</b><br><i>Куручкин А.А., Долгов М.В.</i> .....                   | 65 |
| <b>Энергоэффективный экструдер для переработки пищевого сырья</b><br><i>Куручкин А.А., Потапов М.А.</i> .....        | 70 |

---

**Обзор современных тенденций в моделировании процессов происходящих при  
обработке пищевых продуктов**

*Ломакина П.А., Фролов Д.И.* ..... 74

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Анализ эффективности внедрения системы менеджмента качества на российских  
предприятиях**

*Богочанова К.С., Турусова А.Д., Чекайкин С.В.*..... 82

**Тенденции производства сливочного масла в России**

*Зимняков В.М.* ..... 88

**ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ**

*Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей* ..... 96

*Требования к оформлению статьи* ..... 96

---

# CONTENTS

## FOOD TECHNOLOGY

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Marinating and its impact on meat safety and human health</b><br><i>Borovkov Ya.E., Frolov D.I.</i> .....                                                               | 7  |
| <b>Development of a recipe for bakery products with the addition of a plant component:<br/>flour from plantain seeds</b><br><i>Burenkova S.A., Pchelintseva O.N.</i> ..... | 14 |
| <b>Using fenugreek as a source of functional food ingredients</b><br><i>Garkina P.K., Selivanov E.S.</i> .....                                                             | 20 |
| <b>The use of herbal ingredients to improve the consumer properties of bakery products</b><br><i>Zimnyakov V.M., Garkina P.K.</i> .....                                    | 25 |
| <b>Possibilities of expanding the range of flour confectionery products</b><br><i>Kuritsyna Y.S., Garkina P.K.</i> .....                                                   | 29 |
| <b>Bread with the addition of extrudate a mixture of vigna beans and wheat grains</b><br><i>Kurochkin A.A., Burenkova S.A.</i> .....                                       | 33 |
| <b>Functional drink based on apple juice and wheat germ</b><br><i>Polyakov A.V., Frolov D.I.</i> .....                                                                     | 39 |
| <b>Influence of the main ingredients on the textural properties of the biscuit</b><br><i>Yurna D.A., Frolov D.I.</i> .....                                                 | 45 |

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Effect of nitrate-contaminated water on parsley yield</b><br><i>Blinohvatov A.A., Simakov D.G.</i> .....             | 49 |
| <b>Technological indicators of extruded barley</b><br><i>Garkina P.K., Kurochkin A.A., Sirkin V.P.</i> .....            | 55 |
| <b>Problems in modeling the processes of moistening of grain raw materials</b><br><i>Dimova A.P., Frolov D.I.</i> ..... | 60 |
| <b>Polycomponent extrudate based on pepper seeds</b><br><i>Kurochkin A.A., Dolgov M.V.</i> .....                        | 65 |
| <b>Energy efficient extruder for food processing</b><br><i>Kurochkin A.A., Potapov M.A.</i> .....                       | 70 |

---

**Overview of current trends in the modeling of processes occurring in the processing of food products**

*Lomakina P.A., Frolov D.I.* ..... 74

**ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE**

**Analysis of the effectiveness of the implementation of the quality management system at russian enterprises**

*Bogochanovo K.S., Turusova A.D., Chekaykin S.V.*..... 82

**Butter production trends in Russia**

*Zimnyakov V.M.*..... 88

**AUTHOR GUIDELINES**

*The procedure for consideration, approval and rejection of articles* ..... 96

*Article requirements*..... 96

# ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

## FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.8.03

### Маринование и его влияние на безопасность мяса и здоровье человека

*Боровков Я.Е., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** Существует несколько видов маринования в зависимости от добавляемых ингредиентов. В то время как щелочные растворы маринадов содержат фосфаты, кислые растворы готовят с использованием органических кислот или их солей. Водно-масляные эмульсии представляют собой маринадные растворы третьего типа. Ингредиенты используются для повышения выхода за счет увеличения содержания воды, улучшения цвета, вкуса и нежности, а также для увеличения срока годности конечного продукта. Добавление синтетических или натуральных пищевых добавок может повлиять на процесс окисления липидов. В статье обсуждается влияние кислотной, щелочной или водно-масляной мариновки на развитие микрофлоры порчи, возбудителей и условно-патогенных микроорганизмов. Описаны преимущества маринования в отношении окисления липидов в сыром мясе и содержания полициклических ароматических углеводородов и гетероциклических ароматических аминов в вареном маринованном мясе и влияние на здоровье человека.

**Ключевые слова:** мясо, микрофлора порчи, полициклические ароматические углеводороды, гетероциклические ароматические амины, ингредиенты.

**Для цитирования:** Боровков Я.Е., Фролов Д.И. Маринование и его влияние на безопасность мяса и здоровье человека // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 7–12.

### Marinating and its impact on meat safety and human health

*Borovkov Ya.E., Frolov D.I.*

**Abstract.** There are several types of pickling, depending on the ingredients added to the solution. While alkaline marinade solutions contain phosphates, acidic solutions are prepared using organic acids or their salts. Water-oil emulsions are marinade solutions of the third type. Ingredients are used to increase yield by increasing water content, improve color, flavor and tenderness, and to increase the shelf life of the final product. The addition of synthetic or natural food supplements can interfere with the lipid oxidation process. The article discusses the effect of acid, alkaline or water-oil pickling on the development of spoilage microflora, pathogens and opportunistic microorganisms. The benefits of marinating in relation to lipid oxidation in raw meat and the content of polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic aromatic amines in cooked marinated meat and the impact on human health are described.

**Keywords:** meat, spoilage microflora, polycyclic aromatic hydrocarbons, heterocyclic aromatic amines, ingredients.

**For citation:** Borovkov Ya.E., Frolov D.I. Marinating and its impact on meat safety and human health. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 7–12. (In Russ.).

## Введение

Маринование обычно используется для улучшения функциональных и органолептических свойств мяса путем замачивания, введения или галтовки с водными растворами, состоящими из различных ингредиентов.

В то время как щелочные растворы маринадов содержат соле-фосфатную смесь, кислые растворы содержат органические кислоты или их соли. Третий тип – водомасляные эмульсии, содержащие соль, сахар, уксус или лимонную кислоту и другие добавки.

Добавление фосфатов, таких как триполифосфат натрия, увеличивает водоудерживающую способность за счет экстракции белка и смещения pH от изоэлектрической точки белков мяса. Известно, что карбонат и бикарбонат натрия являются превосходными средствами для маринования, которые уменьшают потерю влаги и повышают качество [1]. Лимонная кислота, пищевой подкислитель, не только часто используется в кислотном мариновании для улучшения влагоудерживающей способности и нежности говяжьего мяса, но также широко используется в качестве хелатора для контроля активности прооксидантных металлов [2]. Молочная кислота часто используется в мясной промышленности в качестве антимикробного агента [3]. Маринадные растворы могут также включать натуральные или сухие ингредиенты, специи, травы и другие экстракты. Во многих исследованиях сообщалось об антибактериальном, противовоспалительном, противоаллергическом, гепатопротекторном, антитромботическом, противовирусном, антиканцерогенном и сосудорасширяющем действии [4]. Специи и травы, добавленные в маринады, значительно повышают безопасность мяса и контролируют или минимизируют окисление липидов [5].

Все данные, имеющиеся в доступной литературе, показывают, что в маринованном мясе происходят различные изменения из-за окисления липидов и микробного роста. В статье рассматриваются различные типы маринования и их влияние на безопасность мяса и здоровье человека.

### Изменения микрофлоры при мариновании

Развитие бактерий в немаринованном мясе постоянно увеличивается при хранении в холодильнике [6]. Этот микробный рост в немаринованной говядине составляет около  $0,9 \log \text{КОЕ/см}^2$  в общем количестве жизнеспособных клеток через 24 часа и более  $9,5 \log \text{КОЕ/см}^2$  после 8 дней хранения в холодильнике [7]. Маринование подавляет рост микробов в говядине, и развитие бактерий остается ниже  $103 \text{КОЕ/г}$  [6]. Было высказано предположение, что рост микроорганизмов зависит от pH мяса после маринования. Исследователи подтвердили эти предположения, доказав, что скорость микробного роста в сухой говядине была выше, чем в обычном мясе.

Молочнокислые бактерии являются наиболее распространенными микроорганизмами в маринованном мясе птицы, упакованном в пакет модифицированной газовой среды, при условии надлежащего хранения в холодильнике [8]. Также были выделены следующие типы микроорганизмов, такие как *Lactobacillus algidus*, *Lactobacillus sayei*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc carnosum*, *Carnobacterium maltaromaticum*, *Carnobacterium divergens*, *Brochothrix thermosphacta* и *Serratia proteamaculans*. *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. и другие микроорганизмы, вызывающие порчу маринованной птицы [9], а также *Brochothrix thermosphacta*, вызывающие порчу мяса при хранении маринованной птицы при хранении.

Различный состав маринадных растворов по-разному влияет на микрофлору мяса, а грамотрицательные бактерии более чувствительны к кислой среде, чем грамположительные. Маринование соляно-фосфатными растворами повышает pH и, возможно, стимулирует порчу микрофлоры с оптимальным ростом при щелочном pH. Напротив, кислые растворы маринадов снижают pH и подавляют рост микробов. Причиной такого ингибирования является наличие слабых органических кислот (уксусной, молочной) или их солей (лактатов, ацетатов) и NaCl.

Низкие температуры при хранении в холодильнике ограничивают рост некоторых видов микроорганизмов, вызывающих порчу. Рост грамотрицательных бактерий значительно снижается в аэробных условиях, но отсутствие кислорода способствует росту грамположительных бактерий, таких как молочнокислые бактерии и *Brochothrix thermosphacta*.

Антимикробный эффект некоторых кислых маринадных растворов, содержащих алкогольные напитки, обусловлен присутствием таких соединений, как этанол и фенольные производные. Добавление красного сухого вина, липового меда, специй, чеснока, майорана, тимьяна и хрена при мариновании говядины снижает микробный рост мезофильных аэробных бактерий [10]. Тимол, основной активный компонент тимьяна и орегано, подавляет рост *Escherichia coli* и *Salmonella typhimurium*.

Антимикробная активность вина обусловлена содержащейся в нем ванильной кислотой, а также флавоноидами рутином и кверцитином. Борьба с микрофлорой, вызывающей порчу, также можно с помощью маринадных растворов, содержащих соевый соус [7].

Была подтверждена антимикробная активность меда в отношении роста патогенов в маринованном мясе. Подобно меду, травы и специи, добавляемые в растворы маринадов, подавляют рост бактерий из-за специфических соединений, таких как полифенолы, аллицин в чесноке и пиперин в черном перце. Коричный альдегид корицы подавляет рост патогенов пищевого происхождения. Экстракты

розмарина и экстракт семян грейпфрута также использовались для подавления роста бактерий.

Также изучалась антимикробная активность экстрактов сучков древесины сосны и ели. По мнению автора, ингибирование микроорганизмов порчи происходило за счет полифенолов, содержащихся в экстракте.

Комбинации кислот с другими антимикробными компонентами, такими как тимол и лимонная кислота, экстракт косточек винограда и лимонная кислота, аскорбиновая кислота и аллилизотиоцианат, проявляют синергетический эффект на рост молочнокислых бактерий [8].

Развитие микрофлоры порчи, вызывающей бактериальную порчу

Молочнокислые бактерии

Молочнокислые бактерии были идентифицированы как причина порчи свежего мяса, птицы, маринованной в томатах, и маринованного мяса, упакованного пакет модифицированной газовой среды. Выделенные микроорганизмы включали молочнокислые бактерии с преобладанием *Leuconostoc*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus* и некоторых других, фенотипически сходных с гетероферментативными типами *Lactobacillus*. В этом опыте наблюдалось избыточное газообразование, причиной которого, по мнению автора, вероятно, было декарбоксилирование аминокислотных остатков. Из маринованной птицы в пакете модифицированной газовой среды были выделены *L. gasicomitatum*, *Carnobacterium divergens*, *L. sakei*, *L. curvatus*, что позволило предположить, что чаще всего микробную порчу вызывает *L. gasicomitatum*.

Благодаря добавлению тимьяна, орегано и хрена в раствор маринада удалось успешно ингибировать рост молочнокислых бактерий у домашней птицы.

Псевдомонады и психротрофные бактерии

Порча маринованной птицы при аэробном хранении в основном вызывается грамотрицательными психротрофными бактериями, в частности *Pseudomonas*.

Развитие психротрофных бактерий и псевдомонад зависит от веществ, содержащихся в кислых растворах. Добавление 1% молочной кислоты в раствор маринада значительно снижает количество психротрофных бактерий и *Pseudomonas* [9]. Было высказано предположение, что рост *Pseudomonas* spp. сильно зависит от присутствия молочнокислых бактерий. Рост бактерий, синтезирующих сероводород, таких как *Pseudomonas* spp., в значительной степени подавляется присутствием молочной кислоты - продукта молочнокислых бактерий. В результате уменьшается количество выделяемого сероводорода и других серосодержащих соединений и увеличивается срок хранения.

Добавление 1 и 3% лактата натрия к птице приводит к снижению количества психротрофных бактерий на 0,2 log и 0,4 log соответственно [9].

Антибактериальное действие раствора мари-

нада с 1% уксусной кислотой может быть усилено добавлением 1 ед ЛПС (система лактопероксидазы: 1 пг/мл ЛП, 5,9 мл KSCN и 2,5 мл H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) и способствовать значительному снижению общей микробной численности и психротрофов.

Некоторые специи и их экстракты проявляют антимикробную активность в отношении синегнойной палочки. Например, 0,5 % масла листьев перца или 0,5 % живицы гвоздики, добавленные в раствор маринада, подавляют рост *Pseudomonas*.

Имеются данные о том, что 0,2 % масло листьев перца также было эффективным против дрожжей, хотя дрожжи не входили в число основных причин порчи мяса.

#### **Влияние маринования на патогенные и условно-патогенные микроорганизмы**

Считалось, что грамотрицательные бактерии более чувствительны к кислотным условиям, чем грамположительные. Поэтому *L. monocytogenes* дольше выживали в кислых условиях, чем *E. coli* O157: H7 или *S. enterica*, и были более устойчивы, чем штаммы *Salmonella* при низком pH.

Сальмонеллы

Использование лактата натрия при кислотном мариновании птицы значительно подавляет развитие сальмонелл. Также был изучен сильный противомикробный потенциал против сальмонелл соуса терияки (соя, рисовое вино, сахар и специи), добавленного в раствор маринада [11]. Для ингибирования роста сальмонелл использовали комбинацию низина с ЭДТА, лактатом натрия или сорбатом калия. Согласно полученным результатам, эффективными были только комбинации, тогда как низин, используемый сам по себе, не проявлял антимикробной активности.

Листерия моноцитогенная

При pH, отличном от предельного, рост и развитие *L. monocytogenes* в кислых условиях значительно задерживались и выходили на стационарную фазу. Более сильное ингибирование роста *L. monocytogenes* было достигнуто при использовании слабых органических кислот по сравнению с сильной соляной кислотой. В этом аспекте более эффективными в отношении *L. monocytogenes* оказались уксусная и молочная кислоты, а наиболее слабым эффектом обладали критические кислоты.

Кишечная палочка

Комбинация органической кислоты (обладающей антимикробным действием) и хлорида натрия в маринадных растворах может эффективно инактивировать *E. coli* O157: H7 в говядине. Поддержание низкого pH в течение 24 ч выдержки и значительное ингибирование микробного роста *E. coli* O157:H7 были достигнуты при мариновании мяса раствором, содержащим 0,2 % лимонной и 0,3 % уксусной кислоты.

Другим ингредиентом маринадных растворов, проявлявшим антибактериальное действие в отношении кишечной палочки, был лактат натрия.

Пост *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*

typhimurium и *Escherichia coli* O157:H7 ингибировали с помощью сверхкритического диоксида углерода ( $\text{SC-CO}_2$ ) в маринадных растворах с соевым соусом и пастой из острого перца.

Данные, опубликованные в литературе, демонстрируют антимикробный эффект других специй на микробный рост кишечной палочки и то, что маринование в чесночном соке может уменьшить общее количество бактерий и общее количество форм кишечной палочки [12]. Также обсуждалось противомикробное действие изотиоцианата и аллил-изотиоцианата из хрена на развитие *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Vibrato parahaemolyticus*.

#### Энтеробактерии

Для подавления роста *Enterobacteriaceae* использовали растворы маринадов, содержащие молочную кислоту или лактат натрия. Авторы доказали, что 1% молочная кислота является более сильным ингибитором ( $1,31 \log \text{KOE/г}$ ), чем 3% лактат натрия ( $1,74 \log \text{KOE/г}$ ).

#### Золотистый стафилококк

Только некоторые штаммы *S. aureus* продуцируют энтеротоксин и могут вызывать пищевое отравление. Рост *S. aureus* был медленнее, чем у других микроорганизмов, и никогда не превышал предела в  $4 \log \text{KOE/г}$  в немаринованном мясе. Добавление молочной кислоты в растворы маринадов для птицы значительно подавляло рост *Staphylococcus aureus* до 15-го дня хранения. Аналогичные результаты были достигнуты при использовании лактата натрия.

Было высказано предположение, что ингибирующее действие молочной кислоты на *Staphylococcus aureus* в основном связано с низким pH.

#### *Clostridium perfringens*

*Clostridium perfringens* является пищевым патогеном. Споры *C. perfringens* широко распространены в почве и воде, и существует возможность посмертного заражения. *C. perfringens* также может быть обнаружен в обработанных пищевых продуктах после неправильной термической обработки. Натриевые соли органических кислот, используемые в маринадных растворах, снижали риск *Clostridium perfringens*.

#### Ингибирование окисления липидов при мариновании

Природные антиоксиданты из тимьяна, орегано или вина используются для ингибирования окисления липидов в маринованном мясе. Подобные антиоксиданты снижают перекисное число в маринадных растворах [10]. Исследователи объясняют этот факт богатым содержанием фенольных соединений. Существует множество доказательств антиоксидантного действия компонентов меда. Изучена ключевая роль сульфурованных органических соединений и их предшественников (аллицина, диаллилсульфида и диаллилтрисульфиды) в антиоксидантной активности чеснока. Хрен содержит изотиоцианат и аллил-изотиоцианат, которые ингибируют окисление липидов.

Растворы маринадов, богатые фенольными соединениями, подавляют вторичные продукты окисления липидов и практически не изменяют реакционноспособные вещества 2-тиобарбитуровой кислоты при хранении. В мясе, маринованном с вином, медом, чесноком, черным перцем и солью, значение 2-тиобарбитуровой кислоты, достигнутое после 14-дневного хранения, низкое. Чабрец, орегано и хрен обладают высокой антиоксидантной активностью и уменьшают образование 2-тиобарбитуровой кислоты. После маринования красного мяса в красном вине было достигнуто 20% снижение образования конъюгированных диенов после варки.

Добавление ягодных порошков в растворы маринадов с лимонной кислотой замедляло окисление линолевой кислоты. Авторы обнаружили, что ягоды богаты полифенольными антиоксидантами, активность которых возрастает в следующем порядке: брусника < облепиха < черноплодная рябина < черника < черная смородина.

Мясная пища является основным источником холестерина. Существует теория, что некоторые оксиды холестерина являются атерогенными агентами и обладают мутагенным, канцерогенным и цитотоксическим действием. Оксиды холестерина могут замещать молекулы холестерина в мембранах, вызывая нарушение проницаемости, стабильности и других свойств. Продукты окисления холестерина также вызывают рак и ишемическую болезнь сердца. После исследования семи продуктов окисления холестерина: 7 $\alpha$ -гидроксистерина, 7 $\beta$ -гидроксистерина, 5,6 $\alpha$ -эпоксистерина, 5,6 $\beta$ -эпоксистерина, 5 $\alpha$ -холестана-3 $\beta$ , 5,6 $\beta$ -триола, 5-холестен-3 $\beta$ -25-диола, и 7-кетохолестерина, было обнаружено, что маринование с соевым соусом и сахаром уменьшало их образование. Добавление витаминов С, В, бутилгидроксианизол в маринадных растворах уменьшали количество продуктов окисления холестерина. Витамин С был наиболее эффективен для мяса птицы, для свинины наибольший эффект имеют бутилгидроксианизол и тролокс. Витамины С и Е наиболее эффективны при низких концентрациях, что, вероятно, связано с их прооксидантной активностью. В мясе, маринованном с чесноком/луком, значение 2-тиобарбитуровой кислоты ниже по сравнению с немаринованным мясом.

#### Снижение содержания полициклических ароматических углеводородов и гетероциклических ароматических аминов в жареном маринованном мясе

#### Полициклические ароматические углеводороды

Полициклические ароматические углеводороды являются потенциально канцерогенными соединениями с химической структурой конденсированных бензольных колец без гетероатомов. Они

образуются при неполном сгорании и присутствуют в большинстве пищевых продуктов.

После маринования говядины кислым маринованным раствором, содержащим 1,2% лимонного сока и щелочной раствор сахара, воды, лука, куркумы и корицы, установлено, что образование полициклических ароматических углеводов снижается до 70%. Активность маринованного раствора по отношению к полициклическим ароматическим углеводам снижалась в следующей последовательности: основа + сок лимона > основа + масло + сок лимона > основа + масло. В том же исследовании было доказано, что время маринования не влияло на количество образующихся полициклических ароматических углеводов.

#### Гетероциклические ароматические амины

Было доказано присутствие гетероциклических ароматических аминов (ГАА) в кулинарных мясных продуктах, и к настоящему времени обнаружено более 20 ГАА.

ГАА образуются в присутствии креатина, свободных аминокислот, образующихся при созревании мяса, и сахара, который часто используется в смесях для маринования. Эти вещества реагируют друг с другом при нагревании по реакции Майяра и образуют свободные радикалы. Однако избыток глюкозы и лактозы восстанавливает количество креатина, в результате чего образуется меньше креатинина и снижается мутагенная активность.

В жареном мясе концентрация мутагена может быть в 10 раз выше, чем в вареном мясе.

Фенольные антиоксиданты, содержащиеся в розмарине и тимьяне, эффективно ингибировали образование ГАА. Растворы маринада с базиликом богаты эвгенолом, а растворы маринада с душистым перцем богаты эвгенолом и метилэвгенолом - эффективными полифенольными антиоксидантами.

Добавление трав, таких как розмарин, тимьян, шалфей и чеснок, успешно снизило образование ГАА ниже 60%. Посыпание мяса 1% красным перцем уменьшало образование ГАА на 75-100%. Раствор маринада, содержащий сахар, оливковое масло, уксус, чеснок, горчицу, лимонный сок и соль, снижал содержание ГАА на 92%.

#### Выводы

Результаты настоящего исследования показывают, что тип маринования по-разному влияет на безопасность мяса. После маринования рост микроорганизмов зависит от pH мяса. Грамотрицательные бактерии более чувствительны к кислой среде, чем грамположительные бактерии. Таким образом, в то время как соляно-фосфатные растворы повышают pH и, возможно, стимулируют порчу микрофлоры, кислые растворы маринадов снижают pH и подавляют рост микробов. Этот противомикробный эффект обусловлен наличием слабых органических кислот. С другой стороны, добавление некоторых специй, трав или их экстрактов, вина, меда, соевого соуса также подавляет рост микробов из-за специфических соединений, таких как полифенолы, этанол и фенольные производные, чеснок и ваниль или флавоноиды, такие как рутин и кверцетин.

Наличие слабых органических кислот (например, лимонного сока) снижает образование полициклических ароматических углеводов в мясе до 70%, а добавки полифенольных антиоксидантов ингибируют образование гетероциклических ароматических аминов до 75-100 %, что является положительным влиянием маринования на здоровье человека.

#### Литература

- [1] Bertram H. C. et al. Water distribution and microstructure in enhanced pork //Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2008. – Т. 56. – №. 16. – С. 7201-7207.
- [2] Ke S. Effect of pH and salts on tenderness and water-holding capacity of muscle foods. – University of Massachusetts Amherst, 2006.
- [3] Hinkle J. B. Acid marination for tenderness enhancement of beef bottom round //Theses and Dissertations in Animal Science. – 2010. – С. 12.
- [4] Benhammou N., Bekkara F. A., Panovska T. K. Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of Atriplex halimus //Comptes Rendus Chimie. – 2009. – Т. 12. – №. 12. – С. 1259-1266.
- [5] Gutierrez J., Barry-Ryan C., Bourke P. Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: efficacy, synergistic potential and interactions with food

#### References

- [1] Bertram H. C. et al. Water distribution and microstructure in enhanced pork //Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2008. – Т. 56. – №. 16. – С. 7201-7207.
- [2] Ke S. Effect of pH and salts on tenderness and water-holding capacity of muscle foods. – University of Massachusetts Amherst, 2006.
- [3] Hinkle J. B. Acid marination for tenderness enhancement of beef bottom round //Theses and Dissertations in Animal Science. – 2010. – С. 12.
- [4] Benhammou N., Bekkara F. A., Panovska T. K. Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of Atriplex halimus //Comptes Rendus Chimie. – 2009. – Т. 12. – №. 12. – С. 1259-1266.
- [5] Gutierrez J., Barry-Ryan C., Bourke P. Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: efficacy, synergistic potential and interactions with food

- components //Food microbiology. – 2009. – Т. 26. – №. 2. – С. 142-150.
- [6] Knöchel S., Mach N., Karlsson A. Microbial and physical changes in marinated beef of high and normal pH during storage in different atmospheres //53 rd International Congress of Meat Science and Technology. – 2007. – Т. 1. – С. 37-38.
- [7] Kargiotou C. et al. Efficacies of soy sauce and wine base marinades for controlling spoilage of raw beef // Food Microbiology. – 2011. – Т. 28. – №. 1. – С. 158-163.
- [8] Schirmer B. C., Langsrud S. Evaluation of Natural Antimicrobials on Typical Meat Spoilage Bacteria In Vitro and in Vacuum-Packed Pork Meat //Journal of food science. – 2010. – Т. 75. – №. 2. – С. M98-M102.
- [9] Smaoui S. et al. Effects of sodium lactate and lactic acid on chemical, microbiological and sensory characteristics of marinated chicken //African Journal of Biotechnology. – 2011. – Т. 10. – №. 54. – С. 11317-11326.
- [10] Istrati D. et al. Study of the combined effect of spices and marination on beef meat vacuum packaged //The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology. – 2011. – Т. 35. – №. 2. – С. 75-85.
- [11] Pathania A. et al. Inhibition of Nalidixic Acid-Resistant Salmonella on Marinated Chicken Skin //Journal of food protection. – 2010. – Т. 73. – №. 11. – С. 2072-2078.
- [12] Nurwantoro N. et al. Microbiological and physical properties of beef marinated with garlic juice //Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture. – 2011. – Т. 36. – №. 3. – С. 166-170.
- components //Food microbiology. – 2009. – Т. 26. – №. 2. – С. 142-150.
- [6] Knöchel S., Mach N., Karlsson A. Microbial and physical changes in marinated beef of high and normal pH during storage in different atmospheres //53 rd International Congress of Meat Science and Technology. – 2007. – Т. 1. – С. 37-38.
- [7] Kargiotou C. et al. Efficacies of soy sauce and wine base marinades for controlling spoilage of raw beef // Food Microbiology. – 2011. – Т. 28. – №. 1. – С. 158-163.
- [8] Schirmer B. C., Langsrud S. Evaluation of Natural Antimicrobials on Typical Meat Spoilage Bacteria In Vitro and in Vacuum-Packed Pork Meat //Journal of food science. – 2010. – Т. 75. – №. 2. – С. M98-M102.
- [9] Smaoui S. et al. Effects of sodium lactate and lactic acid on chemical, microbiological and sensory characteristics of marinated chicken //African Journal of Biotechnology. – 2011. – Т. 10. – №. 54. – С. 11317-11326.
- [10] Istrati D. et al. Study of the combined effect of spices and marination on beef meat vacuum packaged //The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology. – 2011. – Т. 35. – №. 2. – С. 75-85.
- [11] Pathania A. et al. Inhibition of Nalidixic Acid-Resistant Salmonella on Marinated Chicken Skin //Journal of food protection. – 2010. – Т. 73. – №. 11. – С. 2072-2078.
- [12] Nurwantoro N. et al. Microbiological and physical properties of beef marinated with garlic juice //Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture. – 2011. – Т. 36. – №. 3. – С. 166-170.

#### Сведения об авторах

#### Information about the authors

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

## Разработка рецептуры хлебобулочных изделий с добавлением растительного компонента: муки из семян подорожника

*Буренкова С.А., Пчелинцева О.Н.*

**Аннотация.** Одной из главных задач развития хлебопекарной промышленности является расширение ассортимента хлеба и хлебобулочных изделий за счет внедрения в производство новых видов растительного сырья. Одним из таких ингредиентов выступает мука из семян подорожника, или псиллиум. Внесение псиллиума в состав хлебобулочных изделий способствует обогащению их пищевыми волокнами, а также снижению пищевой и энергетической ценности, что позволит относить такие изделия к диетическим. В статье приведены три разработанные рецептуры пшеничного хлеба с внесением различного процентного содержания муки из семян подорожника от общей массы муки в соотношении: в образце №1 – замена 5 % пшеничной муки, в образце №2 – замена 10 % пшеничной муки, в образце №3 – замена 15 % пшеничной муки.

**Ключевые слова:** хлеб, хлебобулочная промышленность, мука пшеничная, мука из семян подорожника, псиллиум, органолептическая оценка.

**Для цитирования:** Буренкова С.А., Пчелинцева О.Н. Разработка рецептуры хлебобулочных изделий с добавлением растительного компонента: муки из семян подорожника // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 13–18.

## Development of a recipe for bakery products with the addition of a plant component: flour from plantain seeds

*Burenkova S.A., Pchelintseva O.N.*

**Abstract.** One of the main tasks of the development of the bakery industry is to expand the range of bread and bakery products by introducing new types of plant raw materials into production. One of the ingredients is the flour of plantain seeds, or psyllium. The addition of psyllium in baked food will help to enrich its fiber and reduce its nutritional and energy value, thus making it a dietary product. The article presents three developed recipes of wheat bread with the introduction of different percentages of flour from plantain seeds from the total mass of flour in the ratio: in sample No. 1 – replacement of 5% wheat flour, in sample No. 2 – replacement of 10% wheat flour, in sample No. 3 – replacement of 15% wheat flour.

**Keywords:** bread, bakery industry, wheat flour, plantain seed flour, psyllium, nutritional value, energy value, mineral composition, organoleptic evaluation.

**For citation:** Burenkova S.A., Pchelintseva O.N. Development of a recipe for bakery products with the addition of a plant component: flour from plantain seeds. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 13–18. (In Russ.).

### Введение

Хлебопекарная промышленность занимает одну из ведущих позиций в пищевой промышленности и является социально значимой отраслью в экономике Российской Федерации.

Хлебопекарные предприятия в полной мере обеспечивают население различными традиционными и нетрадиционными видами хлеба и хлебобулочных изделий, ассортимент которых представлен более 700 названиями.

Актуальность данной темы заключается в том,

что в настоящее время у населения проявляется тенденция ведения здорового образа жизни и здорового питания. При этом сокращается потребление традиционных видов хлеба, и увеличивается рост спроса на новые виды хлеба и хлебобулочных изделий, содержащих зерновые продукты (отруби, цельное зерно, хлопья из зерновых, многозерновые смеси, цельнозерновую муку, зародыши зерновых), молоко и молочные продукты, плодово-ягодное и овощное сырье, мед, орехи, семена, витамины, минеральные вещества и микроэлементы [4].

Несмотря на это, объем производства хлеба и

Таблица 1 – Рецепттура хлеба французского

| Ингредиенты      | Рецептура       |        |
|------------------|-----------------|--------|
|                  | На 1 кг муки, г | %      |
| Мука пшеничная   | 1000            | 100    |
| Вода             | 700             | 70     |
| Соль             | 18              | 1,8    |
| Дрожжи:          |                 |        |
| прессованные     | 12,5            | 1,25   |
| инстантные сухие | 4               | 0,4    |
| Итого:           | 1744,5          |        |
| Выход теста:     | 1730            | 173,05 |

Таблица 2 – Рецепттура пшеничного хлеба с добавлением псиллиума

| Ингредиенты               | Рецептура       |      |                 |      |                 |      |
|---------------------------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
|                           | Образец №1      |      | Образец №2      |      | Образец №3      |      |
|                           | На 1 кг муки, г | %    | На 1 кг муки, г | %    | На 1 кг муки, г | %    |
| Мука пшеничная            | 950             | 95   | 900             | 90   | 850             | 85   |
| Мука из семян подорожника | 50              | 5    | 100             | 10   | 150             | 15   |
| Вода                      | 700             | 70   | 700             | 70   | 700             | 70   |
| Соль                      | 18              | 1,8  | 18              | 1,8  | 18              | 1,8  |
| Дрожжи:                   |                 |      |                 |      |                 |      |
| прессованные              | 12,5            | 1,25 | 12,5            | 1,25 | 12,5            | 1,25 |
| инстантные сухие          | 4               | 0,4  | 4               | 0,4  | 4               | 0,4  |

Таблица 3 – Минеральный состав изделий на 100 г

| Показатели      | Контрольный образец | Образец №1 | Образец №2 | Образец №3 |
|-----------------|---------------------|------------|------------|------------|
| Кальций Са, мг  | 20,96               | 21,19      | 21,42      | 21,65      |
| Железо Fe, мг   | 1,348               | 1,248      | 1,148      | 1,148      |
| Магний Mg, мг   | 25,84               | 24,64      | 23,34      | 22,14      |
| Фосфор Р, мг    | 114,55              | 109,25     | 103,85     | 98,55      |
| Калий К, мг     | 160,4               | 153        | 145,5      | 38,1       |
| Натрий Na, мг   | 777,66              | 778,08     | 778,507    | 778,93     |
| Цинк Zn, мг     | 1,04                | 1,04       | 0,94       | 0,94       |
| Медь Cu, мг     | 0,204               | 0,204      | 0,204      | 0,204      |
| Марганец Mn, мг | 0,855               | 0,856      | 0,757      | 0,758      |
| Селен Se, мг    | 0,015               | 0,014      | 0,013      | 0,012      |

хлебобулочных изделий, обогащенных нетрадиционными видами сырья, не превышает 5% от общего объема. Поэтому главной задачей развития хлебопекарной промышленности является расширение ассортимента хлебобулочных изделий путем внедрения в производство новых технологий и рецептур.

Цель работы – обосновать добавление муки из семян подорожника в пшеничный хлеб.

Задачи:

- 1) Разработать рецептуру пшеничного хлеба функционального назначения;
- 2) Проанализировать изменение пищевой и энергетической ценности, минеральный состав изделий при внесении добавки;

3) Провести органолептическую оценку контрольного изделия и образцов;

4) Найти рациональную дозировку используемой муки из семян подорожника, которая будет способствовать улучшению качественного состава и хлебопекарных свойств пшеничного хлеба.

Исследования и разработка рецептур производилась на базе лаборатории ПензГТУ в 2023 г.

#### Объекты и методы исследования

Объекты исследования: пшеничный хлеб с заменой части пшеничной муки на 5, 10 и 15% псиллиума.

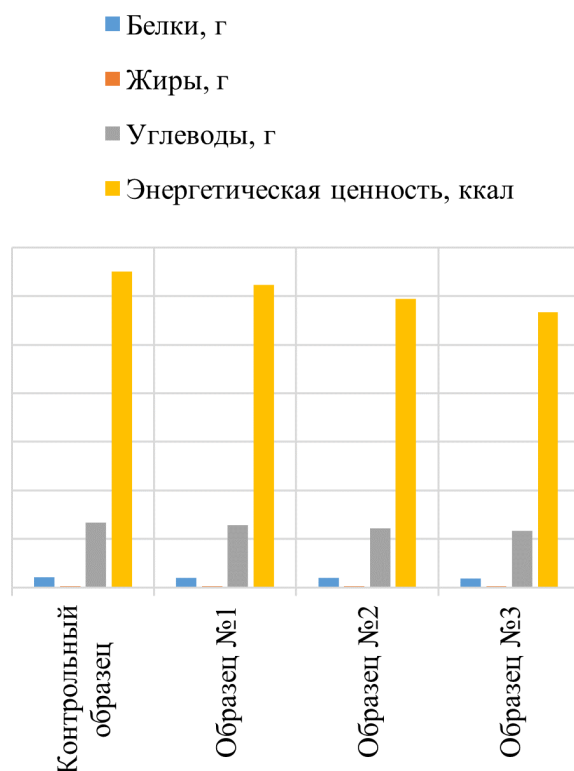


Рис. 1. Пищевая и энергетическая ценность на 100 г

Мука из семян подорожника, или псиллиум, на 80-85% состоит из пищевых волокон, из которых до 71% растворимые; практически не содержит усваиваемых углеводов и не содержит глютена. Поми-

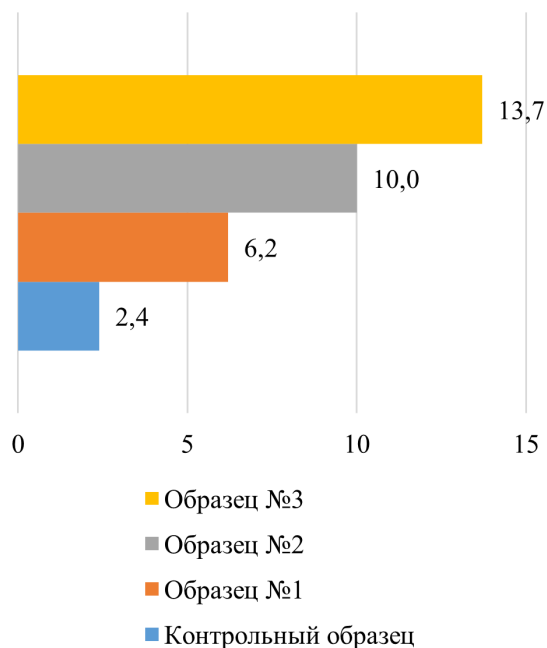


Рис. 2. Содержание пищевых волокон в образцах

мо биологической ценности, у псиллиума высокая водоудерживающая способность - один грамм муки псиллиума способен впитать сорок пять миллилитров воды, превращаясь в гель, который может заменить глютен [3].

Псиллиум вырабатывается из оболочки семян подорожника блошного (*plantago psyllium*). Внешняя оболочка (шелуха) измельчается в мелкие частицы, представляющие собой белый волокнистый гидрофильный материал. Псиллиум, после впитывания воды, образует прозрачный бесцветный

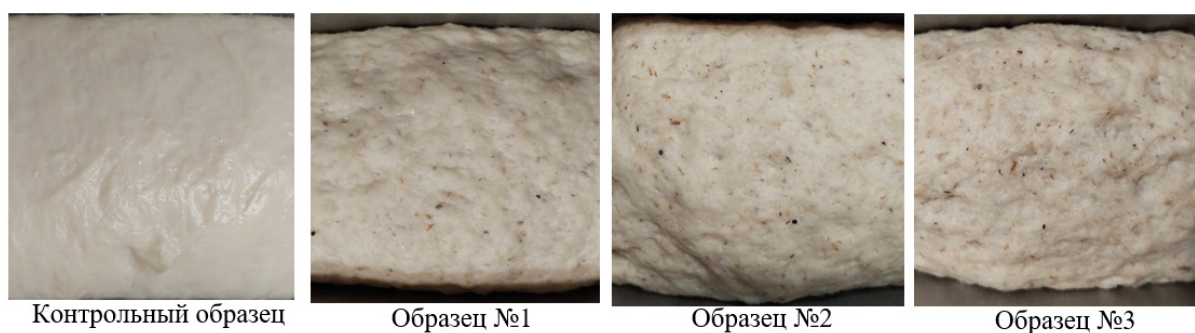


Рис.3. Внешний вид теста образцов

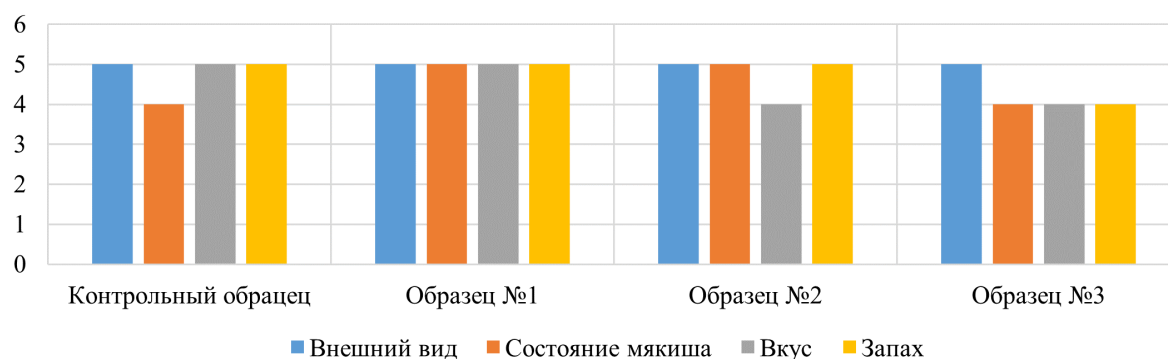


Рис. 4. Органолептическая оценка готовых изделий

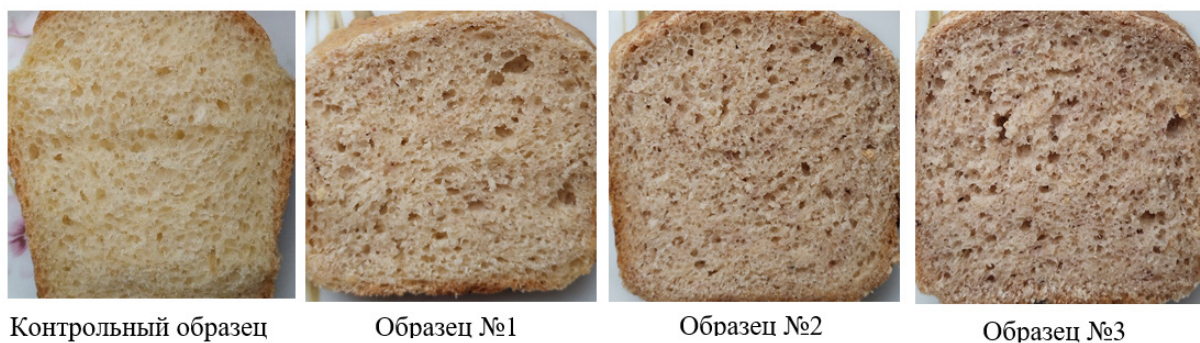


Рис. 5. Внешний вид выпеченных образцов

клейкий гель, увеличивающийся в объеме в десять и более раз [2].

В качестве унифицированной рецептуры для контрольного изделия была взята рецептура на хлеб французский из сборника рецептов (таблица 1) [5].

### Результаты и их обсуждение

Для обогащения пшеничного хлеба пищевыми волокнами и придания тесту более пластичной структуры в рецептуру вводится мука из семян подорожника в количестве 5, 10 и 15% к общей массе муки (таблица 2).

В муке псиллиума практически не содержится усваиваемых углеводов. Эта особенность является существенным преимуществом псиллиума перед другими отрубями, в которых усваиваемых углеводов больше 60% [3].

В ходе работы был произведен расчет пищевой и энергетической ценности контрольного изделия и образцов №1, №2 и №3 (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что с увеличением в рецептуре добавления муки из семян подорожника уменьшается пищевая и энергетическая ценность.

В ходе работы были проведены анализы минерального состава и содержание пищевых волокон.

Анализ минерального состава показал, что обогащение пшеничного хлеба мукой из семян подорожника способствует повышению таких макроэлементов, как кальций и натрий. Помимо этого, с уменьшением количества пшеничной муки в рецептуре уменьшается содержание остальных макро- и микроэлементов (таблица 3).

Добавление муки из семян подорожника увеличивает содержание пищевых волокон (рисунок 2).

Образец №3 по сравнению с образцами №1 и №2 имеет самое высокое значение – 13,7 г, что в 6,85 раз больше значение контрольного образца.

При добавлении псиллиума увеличивается гидратационная способность теста, то есть увеличивается количество воды в сырой клейковине в процентах от сухого вещества. Каждый 1% муки из семян подорожника приводит к увеличению водопоглощения на 4% [6].

Высокая способность псиллиума к водопоглощению объясняется его молекулярным составом:

75% ксилозы, 23% арабинозы, содержание других сахаров и около 35% невосстанавливающихся концевых остатков углеводов.

Увеличение водопоглощения приводит к лучшей желатинизации, увеличению удельного объема и мягкости мякиша, а также меньшему загустению крахмала.

При замесе теста с увеличением добавления псиллиума менялись его реологические свойства. Так, в образцах №1, №2, №3 увеличивалась пластичность теста, но уменьшилась его эластичность и упругость (рис. 3).

Из-за гелеобразующей и водопоглощающей способностей мука из семян подорожника улучшает свойства тестовых заготовок за счет образования слабой гелевой сети, способной улавливать CO<sub>2</sub> [8].

Хлеб с добавлением муки из семян подорожника медленнее черствеет за счет увеличения конкурирующей за воду с крахмалом клетчатки, что снижает ретроградацию крахмала и показатели твердости мякиша [7].

В ходе исследования была проведена органолептическая оценка образцов по 5-ти балльной шкале по следующим показателям: внешний вид, состояние мякиша, вкус и запах (рис. 4) [1].

По состоянию мякиша образцы контрольный и №3 имеют оценку «4», так как в контрольном образце недостаточно развитая пористость по сравнению с другими образцами, а у образца №3 достаточно плотный и влажный мякиш, поскольку в его составе содержится большой процент внесения растительного компонента (рис.. 5).

Наиболее приятным на вкус и запах является образец №1. По вкусу образцы №2 и №3 имеют выраженный вкус муки из семян подорожника.

### Выводы

В заключении надо отметить, что по результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1) Изделия с содержанием муки из семян подорожника можно отнести к диетическим, поскольку частичная замена пшеничной муки псиллиумом уменьшает пищевую и энергетическую ценности, но увеличивает содержание пищевых волокон.

2) Анализ минерального состава образцов показал, что мука из семян подорожника не богата макро- и микроэлементами по сравнению с пшеничной мукой. В псиллиуме содержатся только кальций (Ca) и натрия (Na).

3) Реологические свойства теста изменяются с увеличением вносимой добавки. Так, добавление псиллиума в тесто способствует повышению пластичности и практически полной утрате упругости и эластичности.

4) Органолептический анализ показал, что по показателям самые низкие оценки имеет образец №3, а самые высокие – образец № 1. С увеличением псиллиума в изделии вкус и запах становятся более

выраженными, неприятными, что ухудшает потребительские свойства изделий.

Таким образом, по результатам исследования наиболее целесообразно использовать муку из семян подорожника в соотношении 5-10% от общей массы пшеничной муки. Такая дозировка будет способствовать улучшению хлебопекарных и органолептических свойств пшеничного хлеба без ухудшения полезных свойств пищевого продукта, таких как пищевая и энергетическая ценность, минеральный состав, потребительские свойства пшеничного хлеба.

## Литература

- [1] ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия
- [2] Кароматов, И. Д. Лекарственное растение подорожник блошный / И. Д. Кароматов, К. О. Саидова // Биология и интегративная медицина. – 2018. – № 11(28). – С. 226-235.
- [3] Минцевич, А. С. Обоснование применения псиллиума в технологии безглютеновых мучных изделий из дрожжевого теста / А. С. Минцевич // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – 2020. – № 14. – С. 133-136.
- [4] Томилова, И. А. Основные тенденции развития хлебопекарной промышленности / И. А. Томилова, Н. А. Юрк // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых- 2019.: сборник научных статей 8-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 13–14 ноября 2019 года / Юго-Западный государственный университет. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2019. – С. 73-76.
- [5] Хамельман Джеффри Хлеб. Технология и рецептуры /Дж. Хамельман. — Пер. с англ. О. П. Четвериковой. — СПб.: П рофессия, 2012. — 432 с.
- [6] Fratelli C., Santos F.G., Muniz D.G., Habu S., Braga A.R.C., Capriles V.D. Psyllium Improves the Quality and Shelf Life of Gluten-Free Bread/ C. Fratelli, F.G. Santos, D.G. Muniz, S. Habu, A.R.C. Braga, V.D. Capriles// Foods. - 2021. Vol. 10, № 5. DOI:10.3390/foods10050954
- [7] Man S., Paucean A., Muste S., Pop A., Muresan E.A. Influence of Psyllium husk (Plantago ovata) on Bread Quality/ S. Man., A. Paucean, S. Muste, A. Pop, E.A. Muresan// Bulletin UASVM Food Science and Technology. - 2017. Vol. 74, № 1. - P. 33-34. DOI: 10.15835/buasvmcn-fst:12631
- [8] Mancebo C.M., Miguel M.A.S., Martínez M.M., Gomez M. Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. / C.M. Mancebo, M.A.S. Miguel, M.M. Martínez, M. Gomez// Journal of Cereal Science. - 2015. Vol. 61. - P. 8-15. DOI: 10.1016/j.jcs.2014.10.005

## References

- [1] GOST R 58233-2018 Wheat flour bread. Specifications
- [2] Karomatov, I. D. Medicinal plant plantain flea / I. D. Karomatov, K. O. Saidova // Biology and Integrative Medicine. - 2018. - No. 11(28). – S. 226-235.
- [3] Mintsevich, A.S. Rationale for the use of psyllium in the technology of gluten-free flour products from yeast dough / A.S. Mintsevich // Education and science without borders: social sciences and the humanities. - 2020. - No. 14. - P. 133-136.
- [4] Tomilova, I. A. The main trends in the development of the baking industry / I. A. Tomilova, N. A. Yurk // Generation of the future: View of young scientists-2019.: Collection of scientific articles of the 8th International Youth Scientific Conference, Kursk, 13– November 14, 2019 / Southwestern State University. - Kursk: Closed Joint-Stock Company «University Book», 2019. - P. 73-76.
- [5] Hamelman Geoffrey Bread. Technology and recipes /J. Hamelman. — Per. from English. O. P. Chetverikova. - St. Petersburg: Professiya, 2012. - 432 p.
- [6] Fratelli C., Santos F.G., Muniz D.G., Habu S., Braga A.R.C., Capriles V.D. Psyllium Improves the Quality and Shelf Life of Gluten-Free Bread/ C. Fratelli, F.G. Santos, D.G. Muniz, S. Habu, A.R.C. Braga, V.D. Capriles//Foods. - 2021. Vol. 10, No. 5. DOI:10.3390/foods10050954
- [7] Man S., Paucean A., Muste S., Pop A., Muresan E.A. Influence of Psyllium husk (Plantago ovata) on Bread Quality/ S. Man., A. Paucean, S. Muste, A. Pop, E.A. Muresan// Bulletin UASVM Food Science and Technology. - 2017. Vol. 74, No. 1. - P. 33-34. DOI: 10.15835/buasvmcn-fst:12631
- [8] Mancebo C.M., Miguel M.A.S., Martínez M.M., Gomez M. Optimization of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. /C.M. Mancebo, M.A.S. Miguel, M.M. Martinez, M. Gomez // Journal of Cereal Science. - 2015. Vol. 61. - P. 8-15. DOI: 10.1016/j.jcs.2014.10.005

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Буренкова Снежана Алексеевна</b><br>студент кафедры «Пищевые производства»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br>технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br><b>Тел.:</b> +7(904) 267-13-28<br><b>E-mail:</b> nix.lerros@gmail.com                               | <b>Burenkova Snezhana Alekseevna</b><br>student of the department «Food productions»<br>Penza State Technological University<br><b>Phone:</b> +7(904) 267-13-28<br><b>E-mail:</b> nix.lerros@gmail.com                                               |
| <b>Пчелинцева Ольга Николаевна</b><br>кандидат технических наук<br>доцент кафедры «Пищевые производства»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br>технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br><b>Тел.:</b> +7(906) 398-90-80<br><b>E-mail:</b> pchelincevaon@yandex.ru | <b>Pchelintseva Olga Nikolaevna</b><br>PhD in Technical Sciences<br>associate professor at the department of «Food productions»<br>Penza State Technological University<br><b>Phone:</b> +7(906) 398-90-80<br><b>E-mail:</b> pchelincevaon@yandex.ru |

## Использование пажитника в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов

Гарькина П.К., Селиванов Е.С.

**Аннотация.** Обоснована целесообразность применения растительных компонентов в технологии производства хлебобулочных изделий. Проведен анализ научных исследований отечественных ученых в области изучения химического состава и пищевой ценности семян пажитника.

**Ключевые слова:** семена пажитника, химический состав, хлебобулочные изделия, пищевая ценность.

**Для цитирования:** Гарькина П.К., Селиванов Е.С. Использование пажитника в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 19–23.

## Using fenugreek as a source of functional food ingredients

Garkina P.K., Selivanov E.S.

**Abstract.** The expediency of using extruded plant components in the technology of bakery products production is substantiated. The analysis of scientific research of domestic scientists in the field of studying the chemical composition and nutritional value of fenugreek seeds is carried out.

**Keywords:** fenugreek seeds, chemical composition, bakery products, nutritional value.

**For citation:** Garkina P.K., Selivanov E.S. Using fenugreek as a source of functional food ingredients. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 19–23. (In Russ.).

### Введение

Увеличение выпуска изделий функционально-го назначения в настоящее время является одним из приоритетных направлений развития пищевой и перерабатывающей промышленности, а также поддержания и улучшения здоровья населения. В результате этого постепенно повышаются объемы производства и реализации хлебобулочных изделий с низкой энергетической ценностью, с повышенным содержанием пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, в том числе разрабатывают рецептуры изделий для диабетического лечебного и диетического профилактического питания. Одним из способов позволяющих увеличить содержание белка, пищевых волокон и полиненасыщенных жирных кислот, является применение семян пажитника.

Целью работы являлся анализ, систематизация и обобщение результатов исследований отечественных и зарубежных ученых химического состава и

технологических свойств семян пажитника, как перспективного источника белков и ПНЖК.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись научные данные отечественных и зарубежных источников информации. Применяли методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

### Результаты и их обсуждение

В кондитерской промышленности, как и в любой другой отрасли, можно выделить ряд приоритетных задач, связанных с расширением ассортимента функциональных продуктов.

Одна из главных задач производства продуктов питания в современном мире – улучшение качества продукции с помощью использования различных обогащающих добавок, которые повышают пищевую ценность. Повысить пищевую ценность булоч-

ных изделий предлагается путем применения муки из семян пажитника.

Пажитник - это лекарственное растение, семена которого применяют в качестве специй. Порошок из семян пажитника отличается высоким содержанием витаминов А, В, С, РР, фолиевой кислоты, фитостеринов и незаменимых аминокислот. Употребление в пищу данной специи нормализует жировой обмен, повышает иммунитет и позволяет выводить токсины [1]. Семена пажитника содержат большое количество флаваноидов, которые обладают мощным антиоксидантным действием [2].

Химический состав порошка из семян пажитника представлен в таблице 1.

Проанализировав химический состав муки из семян пажитника можно предположить, что данное нетрадиционное сырье будет способствовать повышению пищевой и биологической ценности, улучшению органолептических свойств, придаст функциональные свойства хлебобулочным изделиям.

Имеются данные о применении семян пажитника в рецептурах печенья, бисквитов, пшеничного и безглютенового хлеба [3].

В Южно-Уральском государственном университете предложена рецептура мучного полуфабриката с разным содержанием муки из семян пажитника [4]. Взамен пшеничной муки в тесто для лапши вводилась мука из семян пажитника в дозировке 3, 5, 7 и 9%. Рассмотрены физико-химические процессы, происходящие в макаронном тесте при замешивании и тепловой обработке. Определены этапы разработки технологии и рецептуры мучного полуфабриката с добавлением муки из семян пажитника, установлены и обоснованы дозировки вводимой добавки. Экспериментальный образец с 3 % заменой пшеничной муки на муку из семян пажитника получил более высокие баллы по таким показателям, как вкус и запах. При внесении 5% муки из семян пажитника готовая продукция харак-

теризовалась серым цветом, который может быть непривлекательным для потребителей. Внесение 7% и 9% добавки привело к появлению горечи, что ухудшило органолептические показатели [4].

Разработана рецептура хлебобулочных изделий специализированного назначения и определены показатели качества хлеба белого с частичной заменой пшеничной муки семенами пажитника, мукой из семян чёрного тмина, а также замена сахара на стевииозид [5]. Авторами исследованы следующие образцы: контрольный, образцы с 2 и 2,5 % семян пажитника, и 1 и 1,5 % муки из чёрного тмина по отношению к массе пшеничной муки, а также с полной заменой сахара-песка на стевииозид. По результатам органолептической оценки установлено, что опытные образцы обладают правильным внешним видом, хорошей развитой пористостью, эластичным мякишем, приятным пряно-ореховым вкусом и ароматом без горечи, хорошей окраской корки. По результатам физико-химических исследований у опытных образцов наблюдается незначительное снижение влажности и пористости, увеличение кислотности [5].

По мнению исследователей Сибирского университета потребительской кооперации, возможно производство безглютенового хлеба с применением 5% муки из семян пажитника и 5 % семян льна к смеси для диабетического хлеба. Подготовленные семена вносили при замесе с мукой. Включение в состав рецептуры семян пажитника или льна обеспечивает улучшение структуры мякиша изделий. Использование семян пажитника и льна в соотношении 50/50 % обеспечивает структурообразование [6, 7].

В ФГБОУ ВПО Самарская государственная сельскохозяйственная академия Крутяевой Е.В. предложено внесение порошка из семян пажитника сенного в хлебные изделия из муки пшеничной хлебопекарной высшего и первого сортов. Поро-

Таблица 1 – Химический состав семян пажитника [2]

| Наименование пищевых веществ | Содержание компонентов в 100 г обогатителя |                            |
|------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|
|                              | Пшеничная мука                             | Порошок из семян пажитника |
| Белки, %                     | 10,3                                       | 23                         |
| Жиры, %                      | 0,9                                        | 6,4                        |
| Углеводы, %                  | 74,2                                       | 38,8                       |
| Пищевые волокна, %           | 0,1                                        | 24,8                       |
| Минеральные вещества, мг:    |                                            |                            |
| кальций                      | 18                                         | 176                        |
| Фосфор                       | 86                                         | 296                        |
| Магний                       | 16                                         | 191                        |
| Калий                        | 122                                        | 170                        |
| Железо                       | 1,2                                        | 33,5                       |
| Витамина, мг: В <sub>1</sub> | 0,57                                       | 0,3                        |
| В <sub>2</sub>               | 0,48                                       | 0,4                        |
| РР                           | 3,2                                        | 1,6                        |
| Е                            | 0,1                                        | 0,1                        |

шок из семян пажитника сеного вносится в тесто в количестве: 1, 2, 3 и 4%. В опытах использовался безопасный способ приготовления теста, температура воды при замесе составляла 35°C, замес теста проводился механизированным способом. Выпечка проводилась при температуре 220-240 оС в течение 35 мин. По результатам исследований органолептических и физико-химических показателей качества были выделены три лучших хлебных изделия: хлеб из муки пшеничной первого сорта с добавлением 2% порошка из семян пажитника сеного, хлеб из муки пшеничной высшего и первого сорта с содержанием порошка из семян пажитника сеного 2 и 3%; так как данные хлебные изделия обладают наиболее высокими потребительскими свойствами по сравнению с изделиями без добавок. Производство нового вида хлеба из муки пшеничной первого сорта будет экономически выгодным при добавлении 2% порошка из семян пажитника сеного [8].

Скворцовой О.Б. определены рациональные дозировки обогатителей для хрустящих хлебцев: пророщенная гречиха – 35 %, порошки из семян тыквы – 10 %, из семян пажитника – 1,0 %, из корня подсолнечника – 1,5 %. Установлено, что употребление 100 г разработанных изделий обеспечит степень удовлетворения суточной нормы потребления в белке на 9-15 %, жире – 3-18 %, углеводах – 10-16 %, пищевых волокнах – 9-42 %, витаминах – 7-29 %, минеральных веществах – 3-37 %, энергетической ценности – 15-22 % [9].

В Алтайском государственном техническом университете им. И. И. Ползунова обоснована возможность использования в составе мучной композитной смеси, включающей пшеничную и гречневую муку, полученную из зерна, прошедшего гидротермическую обработку с увлажнением, отволаживанием и сушкой, а также, измельченные семена пажитника. Измельченные семена пажитника авторы вводили в мучную смесь, состоящую из 10 % гречневой муки и 90 % муки пшеничной

хлебопекарной высшего сорта, в количестве от 1 до 5 % взамен пшеничной муки. Тесто при выпечке готовили безопасным способом. Полученные результаты исследований позволили ученым рекомендовать применение в рецептуру хлеба из смеси муки пшеничной и гречневой муки измельченных семян пажитника в количестве от 1 до 2 %. Такая дозировка почти не влияет на физико-химические показатели качества хлеба, а органолептические характеристики при этом изменяются в лучшую сторону. Так, у хлеба появился легкий пряный запах, во вкусе – небольшая острота, улучшился внешний вид хлеба [10].

### Обсуждение

Таким образом, широкое применение пажитника в функциональном питании и в технологиях пищевых продуктов в качестве функционального ингредиента актуально и целесообразно в рамках процесса планирования и разработки инновационных функциональных продуктов питания, с учетом потребностей, ожиданий и требований потребителей таких продуктов.

### Выводы

Анализ данных научно-технической литературы показал, что семена пажитника и продукты его переработки активно применяются в хлебопекарном производстве. В настоящее время разработка изделий повышенной пищевой ценности является наиболее перспективным и актуальным направлением в области хлебопекарной промышленности. Несмотря на богатый химический состав муки из семян пажитника, возможно создания композитных смесей с нетрадиционным зерновым сырьем. В связи с этим целесообразно расширение уже существующего на сегодняшний день ассортимента хлебобулочных изделий.

### Литература

- [1] Исследование влияния порошка из семян пажитника на показатели качества ржано-пшеничного хлеба / О. Е. Бакуменко, Е. В. Алексеенко, Э. И. Некрасова, О. Д. Гильмиярова // Пищевая промышленность. – 2022. – № 2. – С. 12-15. – DOI 10.52653/PPI.2022.2.2.002.
- [2] Тедеева, Ф. Л. Обоснование выбора дозировки порошка семян пажитника в рецептурах хлебобулочных изделий / Ф. Л. Тедеева, О. Т. Ибрагимова, А. В. Дзахова // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 1(37). – С. 252-255. – DOI 10.15217/issn2079-0996.2019.1.252.
- [3] Контарева, В.Ю. Применение пажитника в качестве функционального компонента в пищевых продуктах / В.Ю. Контарева // Инновационные

### References

- [1] Investigation of the effect of fenugreek seed powder on the quality indicators of rye-wheat bread / O. E. Bakumenko, E. V. Alekseenko, E. I. Nekrasova, O. D. Gilmiyarova // Food industry. – 2022. – No. 2. – pp. 12-15. – DOI 10.52653/PPI.2022.2.2.002.
- [2] Tedeeva, F. L. Substantiation of the choice of the dosage of fenugreek seed powder in the recipes of bakery products / F. L. Tedeeva, O. T. Ibragimova, A.V. Dzakhova // Problems of the development of the agroindustrial complex of the region. – 2019. – № 1(37). – Pp. 252-255. – DOI 10.15217/issn2079-0996.2019.1.252.
- [3] Kontareva, V.Yu. The use of fenugreek as a functional component in food products / V.Yu. Kontareva // Innovative approaches to the development of

- подходы к развитию устойчивых аграрно-пищевых систем: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 10 июня, – 2022 г. / Под общ. ред. акад. РАН И.Ф. Горлова. – Волгоград, – 2022. – 165-170 с.
- [4] Матюшина, А.В. Общая характеристика семян пажитника и его полезные свойства в качестве функциональной добавки в продуктах питания / А.В. Матюшина, А.Д. Тошев // Вестник науки и образования, – № 1 (132), – 2023.
- [5] Альхамова, Г.К. Хлебобулочные изделия специального назначения с использованием семян пажитника, чёрного тмина и стевиозида / Г.К. Альхамова, Н.В. Андросова, Е.А. Акулова, В.И. Боган // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии – Т.6 – №4, – 2018, – 34-41.
- [6] Wani, S.A., Kumar P. Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products // Journal of Saudi Society of Agricultural Sciences. – 2018. – Vol. 17. – № 2. – P. 97-106.
- [7] Березовикова, И.П. Использование семян пажитника и льна в качестве структурообразователей мякиша в безглютеновых хлебобулочных изделиях / И.П. Березовикова, О.Д. Варнавская, Е.Л. Зырянова, Е.А. Коротева, Л.Б. Ратникова, В.Е. Шомко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, – №2 (143), – 2019, – 161-168.
- [8] Крутяева Е.В. Применение порошка из семян пажитника сеного при производстве хлеба из муки пшеничной хлебопекарной // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №4. – С. 86-88.
- [9] Скворцова О.Б. Разработка научно-обоснованных рецептур и технологий хлебобулочных изделий и кексов для рационального питания: автореф. дис... канд. техн. наук / Скворцова Ольга Борисовна. – Воронеж, 2022. – 24 с.
- [10] Анисимова, Л.В. Использование семян пажитника в составе мучной композитной смеси с гречневой мукой / Л. В. Анисимова, А. Е. Земеров, Д. Ю. Зенина // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: Материалы XXII международной научно-практической конференции, – Воронеж, – 2022, – 64-67.
- sustainable agricultural and food systems: materials of the International Scientific and Practical Conference, Volgograd, June 10, – 2022 / Under the general ed. acad. RAS I.F. Gorlov. – Volgograd, – 2022. – 165-170 p.
- [4] Matyushina, A.V. General characteristics of fenugreek seeds and its useful properties as a functional additive in food / A.V. Matyushina, A.D. Toshev // Bulletin of Science and Education, – № 1 (132), – 2023.
- [5] Alhamova, G.K. Bakery products for special purposes using fenugreek seeds, black cumin and stevioside / G.K. Alhamova, N.V. Androsova, E.A. Akulova, V.I. Bogan // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology – Vol.6 – №4, – 2018, – 34-41.
- [6] Wani, S.A., Kumar P. Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products // Journal of Saudi Society of Agricultural Sciences. – 2018. – Vol. 17. – № 2. – P. 97-106.
- [7] Berezovikova, I.P. The use of fenugreek and flax seeds as structure-forming crumb in gluten-free bakery products / I.P. Berezovikova, O.D. Varnavskaya, E.L. Zyryanova, E.A. Koroteeva, L.B. Ratnikova, V.E. Shomko // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University, – №2 (143), – 2019, – 161-168.
- [8] Krutyayeva E.V. The use of powder from fenugreek seeds in the production of bread from wheat flour baking // Izvestiya Samara State Agricultural Academy. – 2013. – No. 4. – pp. 86-88.
- [9] Skvortsova O.B. Development of scientifically-based recipes and technologies of bakery products and cupcakes for rational nutrition: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences / Skvortsova Olga Borisovna. – Voronezh, 2022. – 24 p.
- [10] Anisimova, L.V. The use of fenugreek seeds as part of a flour composite mixture with buckwheat flour / L. V. Anisimova, A. E. Zemerov, D. Yu. Zenina // Modern problems of technology and technology of food production: Materials of the XXII International Scientific and Practical Conference, – Voronezh, – 2022, – 64-67.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Гарькина Полина Константиновна</b><br/> кандидат технических наук<br/> доцент кафедры «Пищевые производства»<br/> ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br/> технологический университет»<br/> 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br/> <b>Тел.:</b> +7(927) 094-79-49<br/> <b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru</p> | <p><b>Garkina Polina Konstantinovna</b><br/> PhD in Technical Sciences<br/> associate professor at the department of «Food productions»<br/> Penza State Technological University<br/> <b>Phone:</b> +7(927) 094-79-49<br/> <b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru</p> |
| <p><b>Селиванов Евгений Сергеевич</b><br/> магистрант кафедры «Пищевые производства»<br/> ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br/> технологический университет»<br/> 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>                                                                                                          | <p><b>Selivanov Evgeny Sergeevich</b><br/> undergraduate of the department «Food productions»<br/> Penza State Technological University</p>                                                                                                                       |

## Использование растительных ингредиентов для повышения потребительских свойств хлебобулочных изделий

*Зимняков В.М., Гарькина П.К.*

**Аннотация.** В статье отмечено значение хлеба как основного продукта питания человека. Обогащение хлебобулочных изделий зачастую проводят за счет растительных источников. Одним из таких растений является амарант. Хлеб с содержанием 15% амарантовой муки можно позиционировать как источник белка, пищевых волокон и фосфора. Предлагаемый способ приготовления хлеба с введением в рецептурный состав экструдата амаранта сорта «Универсал» позволяет повысить пищевую и биологическую ценность продукта, относящегося к массовому потреблению. Для обогащения пшеничной муки отдельными и незаменимыми аминокислотами, клетчаткой, витаминами и микроэлементами широко применяются добавки растительного происхождения, а именно мука из экструдата пшеницы с чесноком. Экструдат из смеси пшеницы и картофеля можно предложить для использования в качестве добавки для выпечки хлеба, при условии использования его не более 10 % от массы муки. В качестве растительных видов сырья для обогащения хлебобулочных изделий применяют экстрадированную смесь зерна пшеницы и семян льна. Использование предлагаемой технологии позволяет получить хлебобулочные изделия с обогащенным составом при сохранении высокого качества.

**Ключевые слова:** амарант, ингредиент, хлебобулочные изделия, обогащение, переработка, пшеница, лён, чеснок, экструдат.

**Для цитирования:** Зимняков В.М., Гарькина П.К. Использование растительных ингредиентов для повышения потребительских свойств хлебобулочных изделий // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 24–27.

## The use of herbal ingredients to improve the consumer properties of bakery products

*Zimnyakov V.M., Garkina P.K.*

**Abstract.** The article notes the importance of bread as the main human food product. The enrichment of bakery products is often carried out at the expense of vegetable sources. One of these plants is amaranth. Bread containing 15% amaranth flour can be positioned as a source of protein, dietary fiber and phosphorus. The proposed method of making bread with the introduction of amaranth extrudate of the «Universal» variety into the recipe composition allows to increase the nutritional and biological value of the product related to mass consumption. To enrich wheat flour with individual and essential amino acids, fiber, vitamins and trace elements, additives of plant origin are widely used, namely flour from wheat extrudate with garlic. An extrudate from a mixture of wheat and potatoes can be offered for use as an additive for baking bread, provided that it is used no more than 10% of the flour weight. As vegetable raw materials for the enrichment of bakery products, an extruded mixture of wheat grain and flax seeds is used. The use of the proposed technology makes it possible to obtain bakery products with an enriched composition while maintaining high quality.

**Keywords:** amaranth, ingredient, bakery products, enrichment, processing, wheat, flax, garlic, extrudate.

**For citation:** Zimnyakov V.M., Garkina P.K. The use of herbal ingredients to improve the consumer properties of bakery products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 24–27. (In Russ.).

## Введение

Хлеб и хлебобулочные изделия являются основными продуктами в питании человека. В них содержатся пищевые вещества, необходимые человеку, а также минеральные вещества и витамины. Человек потребляет хлеб в среднем от 300 до 500 г в сутки. В хлебе наблюдается дефицит незаменимых аминокислот, макро- и микроэлементов, витаминов. Поэтому актуальными задачами в хлебопекарной промышленности являются: повышение пищевой ценности хлеба, в частности обогащение дополнительными нутриентами, улучшение качества хлеба и сохранение его свежести [4].

Целью работы является изучение использования растительных ингредиентов для повышения потребительских свойств хлебобулочных изделий.

## Объекты и методы исследований

Объектом исследования является производство хлебобулочных изделий. Инструментарно-методический аппарат исследования определяется совокупностью использованных методов общенаучных и экономических исследований. Методикой исследования служили методы экономико-статистического, логического функционального анализа, объединенные общностью системного подхода к проблемам производства хлебобулочных изделий.

## Результаты и их обсуждение

Обогащение хлебобулочных изделий зачастую проводят за счет редких, но перспективных по своим свойствам растительных источников. Одним из таких растений является амарант. Благодаря высокому содержанию незаменимых аминокислот, витамина Е, моно- и полиненасыщенных жирных кислот использование амаранта в пищу способствует стимуляции работы иммунной системы, процессам детоксикации организма, оказывает антимикробный, антиканцерогенный и фунгицидный эффект. Хлеб с амарантовой мукой отличается легким ароматом жареных орехов и более выраженным золотистым цветом корки. Внесение амарантовой муки сохраняет характеристики традиционного хлеба. Хлеб с содержанием 15% амарантовой муки можно позиционировать как источник белка, пищевых волокон и фосфора [5,7].

Формирование рационов питания сбалансированного состава относится к приоритетным трендам в области продуктов питания. Предложенный способ приготовления хлеба с введением в рецептурный состав экструдата амаранта сорта «Универсал» позволяет повысить пищевую и биологическую ценность продукта, относящегося к массовому потреблению.

Одним из направлений, реализуемых в рамках Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, является обеспечение на-

селения качественной и безопасной пищевой продукцией. Обращаясь к другому стратегическому документу Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, необходимо отметить, что проблемы качества и безопасности напрямую связаны с принципами здорового питания. Важность такого подхода подчеркивает объект исследования, принятый в работе, – хлебобулочные изделия, являющиеся продуктом ежедневного и массового потребления. Изучены различные группы обогащающих ингредиентов и объектов обогащения. Среди них, в последнее время достаточно часто упоминается амарант. Причем, чаще других в технологиях специализированного питания. По совокупности свойств, в первую очередь состава, выбран амарант сорта «Универсал». Предложен способ его переработки для применения в технологии пищевых продуктов – экструзия, позволяющая частично модифицировать биополимеры амаранта. Сравнительный анализ проведен в соответствии с нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для взрослой (мужчины и женщины) и детской категорий. Как показали результаты исследований, хлеб с мукой из экструдата амаранта может быть идентифицирован, как источник белка. Отличается повышенным содержанием пищевых волокон и кальция. Ежедневное потребление хлеба позволит скорректировать рационы питания в сторону их сбалансированности. Таким образом, анализ потребительских свойств готовой продукции позволил подтвердить целесообразность применения муки из экструдата амаранта в технологии хлеба [8].

Следует отметить, что в хлебе наблюдается дефицит незаменимых аминокислот, макро- и микроэлементов, витаминов. Поэтому актуальными задачами в хлебопекарной промышленности являются: повышение пищевой ценности хлеба, в частности обогащение дополнительными нутриентами, улучшение качества хлеба и сохранение его свежести. Для обогащения пшеничной муки отдельным и незаменимыми аминокислотами, клетчаткой, витаминами и микроэлементам широко применяются добавки растительного происхождения. Экспериментальные исследования по получению муки из экструдата пшеницы с чесноком проводились в условиях Инжинирингового Центра, Межкафедральной инновационной лаборатории аграрных и пищевых технологий института пищевых производств ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет».

Анализ результатов проведенных исследований показал, что качество готовых хлебобулочных изделий с использованием муки из экструдата пшеницы с чесноком значительно улучшилось. Произошло повышение вкусовых качеств за счет однородности состава: устранение специфического запаха чеснока, улучшение перевариваемости и усвояемости белков, а также повышение энергетической ценности продукта. Замена части муки, поступаю-

щей на замес теста, мукой из экструдата на основе зерна пшеницы и чеснока позволяет расширить ассортимент и объемы выпуска хлеба и хлебобулочных изделий за счет привлекательности качественных показателей готовой продукции [3].

Перспективным направлением является использование в хлебопечении муки, полученной из экструдатов зерна и продуктов его переработки, например, экструдатов ячменя, пшеничных отрубей и др. [2]. Введение в зерновое сырье перед экструдированием различных компонентов дает возможность получить продукты питания, обогащенные функциональными ингредиентами. Исследования выпечки хлеба с добавлением экструдата из смеси зерна пшеницы и картофеля в муку осуществляли в инновационной лаборатории кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК Красноярского ГАУ. Использование добавки 5 и 10 % экструдата из смеси пшеницы и картофеля к муке перед замесом теста позволяет получить хлеб, соответствующий по органолептическим и физико-химическим показателям качества требованиям действующих нормативных документов. Увеличение доли вносимого экструдата до 15 % приводило к ухудшению качества хлеба, потемнению цвета мякиша, появлению постороннего привкуса и запаха, а также снижению пористости. Таким образом, экструдат из смеси пшеницы и картофеля можно предложить для использования в качестве добавки для выпечки хлеба, при условии использования не более 10 % от массы муки [4].

Часто в качестве растительных видов сырья для обогащения хлебобулочных изделий применяют зерновые культуры и продукты их переработки, в том числе, подвергнутые экструзионному воздействию, результатом которого является модификация химического состава и функционально-технологических свойств растительного сырья. Применение в качестве рецептурного ингредиента муки из экструдированного зернового полуфабриката может быть одним из вариантов решения задачи нивелирования

дефицита функциональных пищевых ингредиентов в рационе питания [1,2].

Одним из наиболее рациональных способов применения семян льна в качестве функциональной добавки является пищевой композит, представляющий собой экстрадированную смесь зерна пшеницы и семян льна [1,6]. Способ предусматривает приготовление теста путем смешивания предусмотренных рецептурой компонентов и продукта переработки семян льна в количестве 10-15% к массе муки высшего или первого сорта или их смеси в любых соотношениях, брожение теста, его разделку, расстойку и выпечку тестовых заготовок. Продукт переработки семян льна получают путем совместной обработки в экструдере семян льна влажностью 30-38% и зерна пшеницы влажностью 14% в соотношении 1:3 в течение 10-15 с при температуре 100-110°C с последующим воздействием на выходящий из матрицы экструдера продукт пониженным давлением, равным 0,05-0,06 МПа, с целью получения экструдата влажностью 8-10%. При этом на выходе из фильеры экструдат разрезается на частицы размером 0,5-0,6 мм режущим устройством, входящим в состав экструдера. При этом семена льна после их увлажнения до 30-38% выдерживают 1,5-2,0 часа, а смесь семян льна и зерна пшеницы – 2-3 часа.

## Выводы

Использование предлагаемой технологии позволяет получить хлебобулочные изделия с обогащенным составом при сохранении высокого качества, потребительских свойств и снизить потерю питательных веществ льна, за счет использования экструдата смеси семян льна и зерна пшеницы [6].

Таким образом, анализ потребительских свойств готовой продукции позволил подтвердить целесообразность использования растительных ингредиентов в технологиях производства хлебобулочных изделий.

## Литература

- [1] Курочкин А.А. Функциональный пищевой композит из смеси зерна пшеницы и семян льна. Инновационная техника и технология. – 2016. – №3. – С. 27-33.
- [2] Курочкин А.А., Гарькина П.К., Шматкова Н.Н. Проектирование рецептуры обогащенных хлебобулочных изделий с применением симплекс-метода Агропромышленные технологии Центральной России. – 2022. – № 4 (26). – С. 7-13.
- [3] Максимова О.А. Использование муки из экструдата пшеницы и чеснока в хлебобулочных изделиях В сборнике: Инновационные тенденции развития российской науки. Материалы XII Международной научно-практической конференции молодых

## References

- [1] Kurochkin, A.A. Functional food composite from a mixture of wheat grain and flax seeds. Innovative equipment and technology. – 2016. – No.3. – pp. 27-33.
- [2] Kurochkin A.A., Garkina P.K., Shmatkova N.N. Designing the formulation of enriched bakery products using the simplex method Agro-industrial technologies of Central Russia. – 2022. – № 4 (26). – Pp. 7-13.
- [3] Maksimova O.A. The use of flour from wheat and garlic extrudate in bakery products In the collection: Innovative trends in the development of Russian science. Materials of the XII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists. Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2019. – pp. 345-347.
- [4] Polivkina V.V., Chaplygina I.A., Matyushev V.V.,

- ученых. Красноярский государственный аграрный университет. – 2019. – С. 345-347.
- [4] Поливкина В.В., Чаплыгина И.А., Матюшев В.В., Присухина Н.В. Влияние экструдата из смеси пшеницы и картофеля на качество хлеба. В сборнике: Проблемы современной аграрной науки. Материалы международной заочной научной конференции. – 2017. – С. 171-174.
- [5] Рябова В.Ф., Малова Е.Н., Курочкина Т.И., Ходакова Е.Е. Физиологические эффекты и роль функциональных продуктов питания. Молодой ученый. – 2015. – №6. – С. 204-207.
- [6] Способ производства хлебобулочных изделий. Зимняков Владимир Михайлович, Кухарев Олег Николаевич, Гарькина Полина Константиновна. Патент на изобретение 2781898 C1, 19.10.2022. Заявка № 2021111347 от 20.04.2021.
- [7] Стахурлова А.А., Дерканосова Н.М., Пономарева И.Н. Использование натуральных сырьевых ингредиентов для повышения потребительских свойств хлебобулочных изделий Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – № 9. – С. 209-216.
- [8] Стахурлова А.А., Дерканосова Н.М., Василенко О.А. Оценка потребительских свойств хлеба с продуктом переработки амаранта. В сборнике: Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции. Материалы V международной научно-практической конференции. Воронеж, 2021. – С. 415-418.
- Prisukhina N.V. The effect of extrudate from a mixture of wheat and potatoes on the quality of bread. In the collection: Problems of modern agricultural science. Materials of the International correspondence scientific conference. – 2017. – pp. 171-174.
- [5] Ryabova, V.F., Malova E.N., Kurochkina T.I., Khodakova E.E. Physiological effects and the role of functional foods. A young scientist. - 2015. – No. 6. – pp. 204-207.
- [6] The method of production of bakery products. Zimnyakov Vladimir Mikhailovich, Kukharev Oleg Nikolaevich, Garkina Polina Konstantinovna. Patent for invention 2781898 C1, 19.10.2022. Application No. 2021111347 dated 04/20/2021.
- [7] Stakhurlova A.A., Derkanosova N.M., Ponomareva I.N. The use of natural raw ingredients to improve the consumer properties of bakery products Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2019. – No. 9. – pp. 209-216.
- [8] Stakhurlova A.A., Derkanosova N.M., Vasilenko O.A. Evaluation of consumer properties of bread with a product of amaranth processing. In the collection: Veterinary and sanitary aspects of quality and safety of agricultural products. Materials of the V International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2021. – pp. 415-418.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Зимняков Владимир Михайлович</b><br>доктор экономических наук<br>профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»<br>440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30<br><b>Тел.:</b> +7(927) 444-33-22<br><b>E-mail:</b> zimnyakov@bk.ru    | <b>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich</b><br>D.Sc. in Economics<br>professor at the department of «Agricultural products processing»<br>Penza State Agrarian University<br><b>Phone:</b> +7(927) 444-33-22<br><b>E-mail:</b> zimnyakov@bk.ru        |
| <b>Гарькина Полина Константиновна</b><br>кандидат технических наук<br>доцент кафедры «Пищевые производства»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br><b>Тел.:</b> +7(927) 094-79-49<br><b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru | <b>Garkina Polina Konstantinovna</b><br>PhD in Technical Sciences<br>associate professor at the department of «Food productions»<br>Penza State Technological University<br><b>Phone:</b> +7(927) 094-79-49<br><b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru |

## Возможности расширения ассортимента мучных кондитерских изделий

Курицына Ю.С., Гарькина П.К.

**Аннотация.** Представлен обзор данных отечественных литературных источников на предмет совершенствования способов расширения ассортимента мучных кондитерских изделий, а также изучены возможности применения натуральных материалов с целью повышения пищевой ценности изделий.

**Ключевые слова:** функциональные добавки, мучные кондитерские изделия, песочное печенье.

**Для цитирования:** Курицына Ю.С., Гарькина П.К. Возможности расширения ассортимента мучных кондитерских изделий // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 28–31.

## Possibilities of expanding the range of flour confectionery products

Kuritsyna Y.S., Garkina P.K.

**Abstract.** The review of the data of domestic literary sources for the improvement of ways to expand the range of flour confectionery products is presented, as well as the possibilities of using natural materials in order to increase the nutritional value of products are studied.

**Keywords:** functional additives, flour confectionery, shortbread cookies.

**For citation:** Kuritsyna Y.S., Garkina P.K. Possibilities of expanding the range of flour confectionery products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 28–31. (In Russ.).

### Введение

Современная нутрициология предполагает создание полноценных пищевых продуктов для обеспечения основных функций организма человека: энергетическая, пластическая, биорегуляторная, приспособительно-регуляторная, защитно-реабилитационная, сигнально-мотивационная.

Для реализации разработки новых пищевых продуктов возможны следующие пути [1]:

Снижение в пищевых продуктах содержания соли, сахара, жира и других компонентов.

Обогащение эссенциальными нутриентами, повышающими биологическую ценность (витаминами и минеральными веществами, ПНЖК, пищевыми волокнами, пробиотиками, минорными биологически активными соединениями и др.).

Обеспечение сбалансированного нутриентного состава (аминокислотный и жирнокислотный состав, модифицированный углеводный профиль).

Существуют следующие принципы при разработке функциональных продуктов питания:

– для обогащения продуктов питания используются ингредиенты, дефицит которых широко распространен и опасен для здоровья (для России это витамины С, группы В, минеральные вещества);

– при выборе функционального ингредиента учитывают его совместимость с компонентами разрабатываемого пищевого продукта, а также его совместимость с другими функциональными ингредиентами;

– применение функциональных ингредиентов целесообразно для продуктов массового потребления, которые доступны для всех групп детского и взрослого питания и регулярно применяются в ежедневном питании, с учетом рецептурного состава и агрегатного состояния пищевых систем, предназначенных для обогащения;

– добавление функционального компонента в пищевые продукты не должно ухудшать потребительские свойства продукта;

– при внесении дополнительного ингредиента в продукт должно быть обеспечено сохранение нативных свойств, включая биологическую активность, добавок в процессе кулинарной обработки и хранения продукта;

– введение в рецептуру нового сырья необходимо для улучшения потребительского качества продукции.

Производство изделий массового потребления повышенной пищевой и биологической ценности способствует расширению ассортимента и усовершенствованию

шенствованию сырьевой базы отечественной промышленности. Принимая во внимание изложенные принципы создания функциональных продуктов питания, наиболее целесообразно, производство мучных кондитерских изделий с применением нетрадиционного функционального растительного сырья, которое служит источником важных нутриентов: растительных белков, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ [2].

Целью работы являлся анализ и обобщение научно-технической информации, достижений отечественных ученых.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись научные данные отечественных и зарубежных источников информации. Применяли методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

### Результаты и их обсуждение

Важным преимуществом применения в технологии мучных кондитерских и хлебобулочных изделий натуральных продуктов является комплексность их химического состава, возможность с их помощью осуществлять обогащение изделий одновременно витаминами, белками и минеральными веществами.

Повысить содержание белка в рецептуре печенья предлагается добавлением пюре из тыквы. При разработке рецептуры было определено количество вносимого тыквенного пюре и сахара – 25% и 70% соответственно. Тыквенное пюре оказало благоприятное воздействие на органолептические показатели и структуру и консистенцию изделия: более выраженный вкус и аромат, изменение цвета до светло-оранжевого, уменьшению нормы закладки сахара; структура стала более рассыпчатая и хрупкая.

Результаты исследования показали, что внесение тыквенного пюре позволяет повысить содержание в изделии белка – в 2,3 раза, в липидах – в 1,1 раз, в пищевых волокнах – в 3,3 раза; а также в минеральных веществах и витаминах (К, Са, Mg, Ph, Fe, бета-каротин, витамин В, витамин РР) [3].

Существует способ производства песочного печенья функционального назначения, в котором предложена рецептура печенья профилактического назначения с тестообразующей основой из:

- пшеничной муки;
- корневища сусака зонтичного;
- пшеничных отрубей;
- вкусовой агент «Орех-кола»;
- жировой компонент (маргарин и Камецель FW 200);
- сода, соль.

Изделия, производимые данным способом, имеют высокую пищевую и биологическую цен-

ность, а также улучшенные органолептические и структурно-механические показатели. Корневища сусака позволяют обогатить продукт пищевыми волокнами и улучшают структуру изделия – снижают ломкость изделий, уплотняют консистенцию за счет влагосвязывающей способности крахмала, увеличивают объем готового изделия. Пищевые волокна Камецель FW 200 придает изделию формоустойчивость, продлевает сроки свежести, обогащают продукт балластными веществами и снижают калорийность готовых продуктов. Орех кола придает изделиям из песочного теста тонизирующие свойства и улучшает органолептические показатели [4].

Приведены результаты исследований возможности применения пшеничных отрубей в технологии изделий из песочного теста. Установлена в исследованиях рациональная дозировка пшеничных отрубей в рецептуре пирожного «Песочное кольцо» взамен части пшеничной муки в количестве 30 %. Применение пшеничных отрубей при производстве пирожного «Песочное кольцо» обуславливает получение изделий с улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями [5].

Белова И. Л. изучила влияние яблочных продуктов на качество кекса «Столичного». Было выявлено незначительное повышение содержания жира и сахара, заметно понижается щелочность продукта (при замене части ингредиентов на яблочные продукты). Замена части ингредиентов яблочными продуктами улучшает органолептические показатели кексов: вкус, цвет, запах, и придает изделию нежную консистенцию. При повышении количества яблочных продуктов в изделии, сильнее чувствуется вкус яблок. Исходя из расчетов энергетической ценности, сделан вывод, что кексы с добавлением яблочных продуктов менее калорийны [6].

В работе Сидоровой Л. Н. представлена разработка рецептуры сдобного печенья функционального назначения, обогащенного клетчаткой и лигнином. Результаты исследования показали, что внесение пищевых волокон «Витацель/VF-200» в рецептуру приводит к повышению пластичности теста; «Лигнин медицинский» стабилизирует формирование заготовок и способствует сохранению формы готовых изделий после выпечки; снижается калорийность изделия и повышается содержание пищевых волокон на 35% [7].

Фазлытдиновым Р. К. разработана рецептура и технология производства протеинового печенья. В данном исследовании в качестве функциональной добавки к овсяному печенью использовался концентрат сывороточного протеина в количестве 15% от массы муки. данный продукт имеет высокое содержание белка (массовая доля белка составила 10,92%) и предназначен для спортивного питания [8].

Автор статьи «Технология песочного печенья повышенной пищевой ценности» представил результаты использования льняного масла и шрота из облепихи в технологии песочного печенья. По

мнению автора, наиболее оптимальная дозировка шрота из облепихи составляет 7% к массе муки, а льняного масла – 20%. внесение данных функциональных ингредиентов благоприятно воздействует на органолептические показатели готового изделия: приятные вкусоароматические качества, более рассыпчатая консистенция. Печенье повышенной пищевой ценности имеет более высокую влажность, низкую упекаемость, уменьшается плотность изделия. Также введение добавок способствует снижению калорийности, жиров и углеводов; увеличивается количество белка [9].

Существует способ производства сдобного печенья функционального назначения, уникальность технологии которого составляет внесение в рецептуру изделия растительного порошка из семян люцерны и эспарцета, в соотношении 1:3, и смеси размолотых ядер вишневых и абрикосовых косточек (соотношение которых 5:3) в количестве 4% от массы пшеничной муки. Люцерна нормализует состояние кровеносной системы, а также обогащает продукт витаминами группы В, Е. Эспарцет является иммуноукрепляющим средством, вишневые и абрикосовые ядра содержат в своем составе ПНЖК, витамин РР, фосфор, калий и магний. Готовое из-

делие обладает высокими потребительскими свойствами и является функциональным [10].

## Выводы

Таким образом, при внесении в стандартные рецептуры мучных кондитерских изделий растительных компонентов, увеличивается содержание витаминов, незаменимых аминокислот, пищевых волокон, микроэлементов и минеральных веществ, что позволяет использовать эти продукты как многофункциональные. Растительные добавки, благодаря своему сбалансированному составу, способны оказывать стимулирующее и лечебно-профилактическое воздействие на человеческий организм. Использование добавок растительного происхождения может привести к увеличению сырьевой базы пищевой промышленности, ассортимента продуктов функционального назначения, а также позволит отказаться от синтетических вкусоароматических добавок.

## Литература

- [1] ГОСТ 5898-87 Изделия кондитерские. Правила приемки, методы отбора проб и подготовки проб. – Введ. – 1984-01-01. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 2004. – 21 с.
- [2] Линич Е. П. Функциональное питание: учеб. пособие / Е. П. Линич, Э. Э. Сафонова. – Лань, 2017. – 180 с.
- [3] Смирнова Т. П. Разработка рецептуры песочного печенья функционального назначения / Т. П. Смирнова, Д. Т. Гайфулина, Р. Р. Хасанова // Международный научный журнал «Символ науки». – Набережные Челны, 2015. - №3. – С. 5 – 8.
- [4] Пат. 2635086. А21D 13/80. Сдобное печенье профилактического назначения / Н. А. Тарасенко, Н. С. Быкова, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кубанский государственный технологический университет (RU) – 2017103571; заявл. 12.04.2017; опубл. 09.11.2017, Бюл. № 21. – С. 3.
- [5] Гарькина П. К. Пшеничные отруби в производстве мучных кондитерских изделий / П.К. Гарькина, С.В. Лисина // Инновационная техника и технология. – 2021. – Т. 8. – № 3. – С. 5-11.
- [6] Белова И.Л. Влияние яблочных продуктов на качество кекса / И.Л. Белова // сборник конференции «Студенческая наука и XXI век». – Йошкар-Ола. – №12. – 2015. – С. 3-5.
- [7] Сидорова Л. Н. Разработка технологии сдобного печенья функционального назначения с пищевой клетчаткой и лигнином: дис. Сидорова Л. Н.

## References

- [1] GOST 5898-87 Confectionery products. Acceptance rules, sampling methods and sample preparation. – Introduction – 1984-01-01. – Moscow: IPK «Publishing House of Standards», 2004. – 21 p.
- [2] Linich E. P. Functional nutrition: studies. manual / E. P. Linich, E. E. Safonova. – Lan, 2017. – 180 p.
- [3] Smirnova T. P. Development of a recipe for functional shortbread cookies / T. P. Smirnova, D. T. Gayfullina, R. R. Khasanova // International scientific journal «Symbol of Science». – Naberezhnye Chelny, 2015. - No. 3. – pp. 5-8.
- [4] Pat. 2635086. A21D 13/80. Butter cookies for preventive purposes / N. A. Tarasenko, N. S. Bykova, applicant and patent holder of the Kuban State Technological University (RU) – 2017103571; application 12.04.2017; publ. 09.11.2017, Bul. No. 21. – S. 3.
- [5] Garkina P. K. Wheat bran in the production of flour confectionery / P.K. Garkina, S.V. Lisina // Innovative technique and technology. – 2021. – Vol. 8. – No. 3. – pp. 5-11.
- [6] Belova I.L. The influence of apple products on the quality of cupcake / I.L. Belova // collection of the conference «Student science and the XXI century». – Yoshkar-Ola. – No.12. – 2015. – pp. 3-5.
- [7] Sidorova L. N. Development of technology of functional purpose pastry with dietary fiber and lignin: dis. Sidorova L. N. Candidate of Technical Sciences:

- канд. техн. наук: 18.06.2007/ Сидорова Любовь Николаевна. – Москва: ФГБОУ ВО МГУ, 2007. – 71 с.
- [8] Фазлытдинов Р. К. Разработка технологии протеинового печенья: дис. Фазлытдинов Р. К. студент: 21.06.19/ Фазлытдинов Рахим Камильевич. – Челябинск: ФГБОУ ВО ЮУрГУ, 2019. – 57 с.
- [9] Била Е. Ю. Технология песочного печенья повышенной пищевой ценности /Е.Ю. Била // Теория и практика современной науки. – Саратов. – 2017. – №6. – С. 120-125
- [10] Пат. 2617336. А21D 13/80. Сдобное печенье функционального назначения / Н. А. Тарасенко, В. Ю. Архипов, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кубанский государственный технологический университет (RU) – 2016100918А; заявл. 12.01.2016; опубл. 24.04.2017, Бюл. № 21. – С. 3.
- 06/18/2007/ Sidorova Lyubov Nikolaevna. – Moscow: Moscow State University, 2007. – 71 p.
- [8] Fazlytdinov R. K. Development of protein cookie technology: dis. Fazlytdinov R. K. student: 21.06.19/ Fazlytdinov Rahim Kamilevich. – Chelyabinsk: SUSU, 2019. – 57 p.
- [9] Bila E. Yu. Technology of shortbread cookies of increased nutritional value / E.Yu. Bila // Theory and practice of modern science. – Saratov. – 2017. – No. 6. – pp. 120-125
- [10] Pat. 2617336. A21D 13/80. Pastry cookies of functional purpose / N. A. Tarasenko, V. Y. Arkhipov, applicant and patent holder of the Kuban State Technological University (RU) – 2016100918A; application 12.01.2016; publ. 24.04.2017, Bul. No. 21. – p. 3.

#### Сведения об авторах

#### Information about the authors

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Курицына Юлия Сергеевна</b><br/>студент кафедры «Пищевые производства»<br/>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»<br/>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br/><b>E-mail:</b> ylianna180218.com@gmail.com</p>                                                               | <p><b>Kuritsyna Yulia Sergeevna</b><br/>student of the department «Food productions»<br/>Penza State Technological University<br/><b>E-mail:</b> ylianna180218.com@gmail.com</p>                                                                             |
| <p><b>Гарькина Полина Константиновна</b><br/>кандидат технических наук<br/>доцент кафедры «Пищевые производства»<br/>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»<br/>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br/><b>Тел.:</b> +7(927) 094-79-49<br/><b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru</p> | <p><b>Garkina Polina Konstantinovna</b><br/>PhD in Technical Sciences<br/>associate professor at the department of «Food productions»<br/>Penza State Technological University<br/><b>Phone:</b> +7(927) 094-79-49<br/><b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru</p> |

## Хлеб с добавлением экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы

*Куручкин А.А., Буренкова С.А.*

**Аннотация.** В работе представлен материал, свидетельствующий о том, что обогащение хлеба экструдатом смеси бобов вигны овощного направления и зерна пшеницы, технологически возможно и экономически целесообразно. Обоснованы основные параметры технологии получения поликомпонентного обогатителя на основе бобов вигны, который может найти применение для выработки функциональных или обогащенных хлебобулочных изделий. Приведены данные рациональной дозировки предлагаемого обогатителя. Проанализированы результаты пробной выпечки хлеба с добавлением экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы, а также показатели качества полученных изделий в части их органолептической оценки и физико-химических показателей.

**Ключевые слова:** хлеб, технология, экструдат, бобы, вигна, пшеница, термовакуумная экструзия.

**Для цитирования:** Куручкин А.А., Буренкова С.А. Хлеб с добавлением экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 32–37.

## Bread with the addition of extrudate a mixture of vigna beans and wheat grains

*Kurochkin A.A., Burenkova S.A.*

**Abstract.** The paper presents the material indicating that the enrichment of bread with extrudate of a mixture of vegetable beans and wheat grains is technologically possible and economically feasible. The main parameters of the technology for obtaining a multicomponent fortifier based on vigna beans, which can be used for the production of functional or enriched bakery products, are substantiated. The data of the rational dosage of the proposed concentrator are given. The results of the trial baking of bread with the addition of extrudate of a mixture of vigna beans and wheat grain, as well as the quality indicators of the products obtained in terms of their organoleptic evaluation and physico-chemical parameters are analyzed.

**Keywords:** bread, technology, extrudate, beans, vigna, wheat, thermal vacuum extrusion.

**For citation:** Kurochkin A.A., Burenkova S.A. Bread with the addition of extrudate a mixture of vigna beans and wheat grains. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 32–37. (In Russ.).

### Введение

Хлеб и хлебобулочные изделия относятся к пищевым продуктам, для которых целесообразность обогащения функциональными ингредиентами является достаточно очевидной.

Известно, что одним из наиболее эффективных путей повышения биологической ценности хлеба является использование высокобелковых продуктов переработки бобовых культур, которые могут применяться в виде муки, пюре, экструдатов и др. Практическая реализация этого направления в развитии технологий хлебобулочных изделий существенным образом определяется рациональным выбором культур, на основе которых вырабатыва-

ются обогащающие добавки, а также сложностью их получения [1, 5, 6].

С этой точки зрения самое пристальное внимание заслуживает такая сельскохозяйственная культура как вигна, которая по мнению авторитетных ученых, является перспективным для России овощным интродуцентом [7].

Семена вигны содержат 23,35-30,51% белка, из которого легкорастворимые фракции составляют около 80,0%.

Белки семян вигны имеют гармоничный аминокислотный состав. Биологическая ценность белка в зависимости от сорта растения составляет 61,7-63,5%, а содержание лизина достигает 6,09-7,45% от общей массы белка [2, 4, 8].

Преобладающим углеводом в семенах вигны

является крахмал (45,94-48,38%), а основным компонентом в общем количестве растворимых сахаров – сахароза (2,24-2,83%).

Содержание липидов в различных сортах вигны составляет 1,57-2,16%. При этом анализ жирнокислотного состава семян вигны показывает преимущественное содержание в них ненасыщенных жирных кислот – линолевой и линоленовой.

Из числа «балластных веществ» семена вигны содержат значительное количество клетчатки (3,46-4,02%), пектиновых веществ (2,98-3,15%) и гемицеллюлоз (4,25-5,18 %).

Содержание золы в семенах вигны составляет 3,14-3,87%. Высокая ценность золы семян вигны овощной обусловлена высоким содержанием в ее составе калия и магния (1001,2-1327,8 мг и 159,0-177,3 мг на 100 г сухого вещества соответственно) [2, 8].

Семена вигны – ценный источник витаминов: тиамина (0,56-0,62 мг), рибофлавина (0,14-0,18 мг), ниацина (2,23-2,66 мг), токоферола (3,88-4,34 мг на 100 г сухого вещества) [8].

Анализ исследований, связанных с применением семян вигны, позволяет сделать выводы о возможности их применения в качестве функциональных добавок при выработке хлеба [10] и печенья [11].

Важно отметить, что свойства вигны в зависимости от вида, степени созревания, составной части растения – семена или бобы (створки), существенно отражаются на содержании в ней полезных ингредиентов. С этой точки зрения целесообразно использовать сорта вигны, которые соответствуют рациональному направлению хозяйственного использования – овощному или зерновому.

По содержанию практически всех наиболее ценных ингредиентов бобы вигны овощной (овощного направления использования) и зерновой в стадии биологической спелости (зрелости) практически одинаковы. Например, анализ биохимического состава зеленых бобов показал, что содержание протеина у исследуемых образцов варьировало от 17,7 до 23,1 %, ( $V=7,3$  %); содержание жира изменялось от 1,7 до 3,6 %, ( $V=21,3$  %); клетчатки – от 11,8 до 20,3 %, ( $V=15,3$  %); золы – от 5,1 до 6,8 %, ( $V=7,6$  %), БЭВ (безазотистые экстрактивные вещества) – от 49,7 до 59,7 %, ( $V=6,2$  %) [2].

Известно, что обогащение ингредиентами, вырабатываемыми из семян бобовых культур, может осуществляться путем введения их в рецептуру пищевых продуктов в виде сухих смесей, пюре, экстрактов и экструдатов [5, 6, 9].

Последний способ обогащения наиболее предпочтителен по сравнению с другими в силу своей универсальности и наименьшей трудоемкости [3]. По отношению к семенам вигны этот подход убедительно подтверждается работой, опубликованной в 2022 году Kesselly S. R., Mugabi R., Byaruhanga Y. B. [9].

Следует отметить, что изначально вопрос применения вигны в качестве функциональной добавки к пищевым продуктам лежит как в научной, так и практической плоскости – в какой стадии спелости целесообразно ее применение. В стадии биологической спелости семена вигны овощной (рис. 1) имеют повышенное содержание нерастворимой клетчатки, а также следы антипитательных веществ [8, 9]. В связи с этим такие семена перед эструдированием рекомендуется вымачивать, сушить, измельчать и просеивать.

Несколько иной подход может быть реализован при переработке вигны овощной в стадии технической спелости: в этот период развития растения в нем меньше нерастворимых пищевых волокон, а семена – более нежные, мягкие и еще окончательно не потемнели (рис. 2).

В этом варианте для получения экструдата вигну овощную можно использовать в виде бобов (стручков), что позволит одновременно значительно увеличить объем вовлекаемого в переработку сырья.

Цель работы – обоснование технологии производства хлеба с добавлением экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы.

### Объекты и методы исследования

Технологические параметры процесса эструзии смеси бобов вигны и зерна пшеницы. Технологи-



Рис. 1 – Семена вигны овощной (сорт – Длинные рукава) в стадии биологической спелости



Рис. 2 – Бобы вигны овощной (сорт – Длинные рукава) в стадии технической спелости

гия производства хлеба с добавлением экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы.

### Результаты и их обсуждение

С точки зрения экструдирования бобов вигны овощного направления (далее по тексту – бобов вигны) в стадии технической спелости имеется существенный технологический недостаток – они имеют повышенную влажность – 44-47%, при которой экструдировать их известными способами невозможно.

Одним из рациональных способов применения бобов вигны в качестве функциональной добавки может быть пищевой композит, представляющий собой экстрадированную смесь бобов вигны и зерна пшеницы. Подобные пищевые композиты могут быть получены с помощью термовакуумной экструзии и нашли применение при производстве различных пищевых продуктов [3].

В связи с поставленной целью исследований первым их этапом было обоснование технологии получения экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы.

Для решения этой задачи бобы вигны в стадии технической спелости влажностью 44-47% измельчали на частицы размером 2-3 см и смешивали с зерном пшеницы влажностью 14% в соотношении 1:2.

Полученную смесь выдерживали в смесителе в течение 1,0-1,5 часов, после чего экструдировали в

термовакuumном экструдере в течение 10-15 секунд при температуре 100-110°C. На выходящий из фильеры экструдера экструдат воздействовали пониженным давлением, равным 0,07-0,08 МПа с целью более интенсивного «вскипания» (вспучивания) и достижения в нем влаги 10-12 %. Одновременно экструдат разрезался на частицы размером 0,3-0,4 мм режущим устройством, входящим в состав экструдера.

Второй этап работы был связан с получением технического результата в части способа производства хлеба с улучшенным составом и повышенной пищевой и биологической ценностью, при более простом и технологичном получении обогатителя.

Технологичность способа выражается в получении экструдата смеси, ранее не применявшейся в пищевых технологиях, а также использовании специального оборудования и подготовительных приемов, способствующих эффективному применению полученного обогатителя в составе хлеба.

Способ производства хлеба заключается в следующем. Получают экструдат смеси бобов вигны и зерна пшеницы и смешивают его в количестве 15-20% к массе муки с ингредиентами, входящими в рецептуру хлеба (дрожжи хлебопекарные прессованные, раствор соли, вода).

Тесто готовят безопасным методом и замешивают его из муки пшеничной высшего сорта или первого сорта или их смеси в любом соотношении. В процессе его приготовления в муку добавляют хлебопекарные прессованные дрожжи, раствор

Таблица 1 – Показатели хлеба, полученного в соответствии с предлагаемым способом

| Показатели хлеба с<br>экструдатом смеси<br>бобов вигны и зерна<br>пшеницы | Контрольный образец                                      | Количество экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы, % к<br>массе муки               |                                                                                          |                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                           |                                                          | 15                                                                                       | 20                                                                                       | 25                                                                                       |
| Органолептическая оценка                                                  |                                                          |                                                                                          |                                                                                          |                                                                                          |
| Внешний вид                                                               | Правильная форма,<br>поверхность без<br>трещин           | Правильная форма,<br>поверхность без<br>трещин                                           | Правильная форма,<br>поверхность без<br>трещин                                           | Правильная форма,<br>поверхность с<br>едва заметными<br>трещинами                        |
| Цвет                                                                      | Светлый                                                  | Светлый с серовато-<br>желтым оттенком                                                   | Светлый с серовато-<br>желтым оттенком                                                   | Светло-коричневый                                                                        |
| Состояние мякиша                                                          | Пропеченный,<br>эластичный,<br>пористость<br>равномерная | Пропеченный,<br>эластичный, без<br>комочков, равномерная<br>пористость без<br>уплотнений | Пропеченный,<br>эластичный, без<br>комочков, равномерная<br>пористость без<br>уплотнений | Пропеченный,<br>эластичный, без<br>комочков, равномерная<br>пористость без<br>уплотнений |
| Вкус                                                                      | Свойственный<br>данному виду изделия                     | Более выраженный                                                                         | Легкий привкус<br>фасоли                                                                 | Выраженный привкус<br>фасоли                                                             |
| Запах                                                                     | Свойственный<br>данному виду изделия                     | Более ароматный                                                                          | Легкий аромат фасоли                                                                     | Свойственный<br>поджаренной фасоли                                                       |
| Физико-химические показатели                                              |                                                          |                                                                                          |                                                                                          |                                                                                          |
| Пористость, %                                                             | 82                                                       | 84                                                                                       | 85                                                                                       | 80                                                                                       |
| Влажность, %                                                              | 40                                                       | 41                                                                                       | 42                                                                                       | 44                                                                                       |
| Удельный объем,<br>см³/100 г                                              | 760                                                      | 777                                                                                      | 781                                                                                      | 750                                                                                      |

соли, воду, а также экструдат смеси бобов вигны и зерна пшеницы.

Замешенное тесто влажностью 44-45 % оставляют для брожения на 160 минут при температуре 32-34°C. Во время брожения через 50-60 минут проводят обминку теста.

Выброженное тесто подают на разделку, где его делят на куски заданной массы и производят округление заготовок вручную или с помощью соответствующих машин.

Далее округленные тестовые заготовки подают на расстойку в расстойный шкаф при температуре воздуха 35-40°C и относительной влажности 75-85%.

Расстоявшиеся тестовые заготовки направляют на выпечку при температуре 210-220°C и продолжительности этой технологической операции 25-30 минут.

Результаты оценки показателей качества хлеба, приготовленного с применением различного количества экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы к массе используемой муки, приведены в табл. В качестве контрольного образца принимался хлеб, при выпечке которого замена части пшеничной муки на экструдат не проводилась.

Анализ приведенной таблицы показывает, что при использовании экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы в количестве 15-20 % к массе муки пшеничной первого сорта образцы хлеба характеризуются по внешнему виду, как нерасплывчатые, без притисков, округлой формы, с поверхностью без трещин. Они имеют привлекательный внешний вид, приятный вкус и аромат. При этом образцы хлеба с добавлением 25 % экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы к массе муки пшеничной первого сорта имеют выраженный привкус фасоли, а запах – свойственный слегка поджаренной фасоли.

Структура пористости: средняя, равномерная, развитая; мякиш хорошо пропеченный, невлажный, не липкий на ощупь, с едва заметными включениями частиц экструдата. Цвет мякиша готового изделия – от светлого с серовато-желтым оттенком до светло-коричневого.

При добавлении 15 % экструдата смеси бобов

вигны и зерна пшеницы к массе муки пшеничной первого сорта пористость хлеба увеличивается на 2,4 %, удельный объем – на 2,2 %, влажность – в пределах, установленных стандартом. При использовании 20 % экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы к массе муки пшеничной первого сорта пористость хлеба увеличивается на 3,5 %, удельный объем увеличивается на 2,7 %, влажность – в пределах, установленных стандартом. При добавлении 25 % экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы к массе муки пшеничной первого сорта пористость хлеба снижается на 2,4 % по отношению к контролю, удельный объем – на 1,3 %, влажность увеличивается на 9,1 % по отношению к контролю.

Использование предлагаемого способа позволяет получить хлеб с обогащенным составом при сохранении высокого качества, потребительских свойств и снизить потерю питательных веществ бобов вигны, за счет использования термовакуумного экструдера для получения экструдата. Общие затраты на производство хлеба по предлагаемому способу будут снижены за счет уменьшения количества технологических операций и технических средств при подготовке бобов вигны в качестве ингредиента готового продукта.

## Выводы

Таким образом, при использовании экструдата смеси бобов вигны и зерна пшеницы в количестве 15-20% к массе муки пшеничной хлеб имеет привлекательный внешний вид, приятный вкус и аромат. Структура пористости: средняя, равномерная, развитая; мякиш хлеба хорошо пропеченный, не влажный, не липкий на ощупь, с едва заметными включениями частиц экструдата. Цвет мякиша готового хлеба светлый и светлый с серовато-желтым оттенком.

Применение предлагаемого способа позволяет получить хлебобулочные изделия, обогащенные функциональными ингредиентами, при сохранении высокого качества и использовать для производства этих изделий бобы вигны овощной с влажностью 44-47%.

## Литература

- [1] Волох, Е.Ю. Разработка технологии производства пшеничного хлеба с использованием добавок из бобовых культур: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 05.18.01 / Волох Елена Юрьевна. Махачкала, 2017. 24 с.
- [2] Жужукин, В. И. Изучение биохимического состава семян и зеленых бобов овощной вигны (VIGNA UNG. SSP. SESQUIPEDALIS) / В.И. Жужукин, В.С. Горбунов, А.З. Багдалова //Российская сельскохозяйственная наука. 2017. №. 4. С. 29-32.

## References

- [1] Volokh, E.Yu. Development of technology for the production of wheat bread using additives from legumes: abstract. dis. ... candidate of Agricultural Sciences: 05.18.01 / Volokh Elena Yurievna. Makhachkala, 2017. 24 p.
- [2] Zhuzhukin, V. I. Study of the biochemical composition of seeds and green beans of vegetable vigna (VIGNA MUNGO. SSP. SESQUIPEDALIS) / V.I. Zhuzhukin, V.S. Gorbunov, A.Z. Bagdalova //Russian agricultural science. 2017. No. 4. pp. 29-32.

- [3] Курочкин, А.А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов /А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова //Монография. – Пенза, 2015. – 182 с.
- [4] Литвинова, А.В. Потребительские свойства бобовой культуры вигны: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.18.15 / Литвинова Алла Владимировна. М., 1992. 22 с.
- [5] Пат. 2557419 Российская Федерация МПК A21D2/00. Хлеб формовой для функционального питания (варианты) Способ производства хлебобулочных изделий /О.А. Ильина, В.С. Иунихина, А.С. Баландина, В.А. Данилкина; заявитель и патентообладатель Данилкина В.А.– № 2014112996/13.; заявл. 18.03.2011; опубл. 04.04.2014, Бюл. № 20.
- [6] Пат. 2727305 Российская Федерация МПК A21D2/00. Способ производства хлебобулочных изделий /Н.Т. Шамкова, А.М. Абдулхамид, Т.А. Симоненко, Л.О. Торосян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет».– №2019145618, 10417/13; заявл. 30.12.2019; опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21.
- [7] Фотев, Ю. В. Интродукция экзотических теплолюбивых овощных растений в Сибири /Ю.В. Фотев, Г.А. Кудрявцева, В.П. Белоусова // Овощеводство Сибири. Новосибирск: Сиб. отд. РАСХН. 2009. С. 176-188.
- [8] Abebe B. K., Alemayehu M. T. A review of the nutritional use of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) for human and animal diets //Journal of Agriculture and Food Research. – 2022. – С. 100383.
- [9] Kesselly S. R., Mugabi R., Byaruhanga Y. B. Effect of soaking and extrusion on functional and pasting properties of cowpeas flour //Scientific African. – 2023. – Т. 19. – С. e01532.
- [10] Onoja U. S. et al. Nutritional composition, functional properties and sensory evaluation of breads based on blends of orarudi (*Vigna* sp) and wheat flour //Scientific Research and Essays. – 2014. – Т. 9. – №. 24. – С. 1119-1026.
- [11] Saeed S. M. G. et al. Utilization of *Vigna mungo* flour as fat mimetic in biscuits: Its impact on antioxidant profile, polyphenolic content, storage stability, and quality attributes //Legume Science. – 2020. – Т. 2. – №. 4. – С. e58.
- [3] Kurochkin, A.A. Theoretical justification of the use of extruded raw materials in food technologies / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova // Monograph. Penza, 2015. 182 p .
- [4] Litvinova, A.V. Consumer properties of the vigna bean culture: abstract. dis. ... cand. of Technical Sciences: 05.18.15 / Litvinova Alla Vladimirovna. M., 1992. 22 p.
- [5] Пат. 2557419 Российская Федерация МПК A21D2/00. Хлеб формовой для функционального питания (варианты) Способ производства хлебобулочных изделий /О.А. Ильина, В.С. Иунихина, А.С. Баландина, В.А. Данилкина; заявитель и патентообладатель Данилкина В.А.– № 2014112996/13.; заявл. 18.03.2011; опубл. 04.04.2014, Бюл. № 20.
- [6] Пат. 2727305 Российская Федерация МПК A21D2/00. Способ производства хлебобулочных изделий /Н.Т. Шамкова, А.М. Абдулхамид, Т.А. Симоненко, Л.О. Торосян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет».– №2019145618; заявл. 30.12.2019; опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21.
- [7] Fotev, Yu. V. Introduction of exotic thermophilic vegetable plants in Siberia /Yu.V. Fotev, G.A. Kudryavtseva, V.P. Belousova //Vegetable growing in Siberia. Novosibirsk: Sib. otd. RASKHN. 2009. pp. 176-188.
- [8] Abebe B. K., Alemayehu M. T. A review of the nutritional use of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) for human and animal diets //Journal of Agriculture and Food Research. – 2022. – С. 100383.
- [9] Kesselly S. R., Mugabi R., Byaruhanga Y. B. Effect of soaking and extrusion on functional and pasting properties of cowpeas flour //Scientific African. – 2023. – Т. 19. – С. e01532.
- [10] Onoja U. S. et al. Nutritional composition, functional properties and sensory evaluation of breads based on blends of orarudi (*Vigna* sp) and wheat flour //Scientific Research and Essays. – 2014. – Т. 9. – №. 24. – С. 1119-1026.
- [11] Saeed S. M. G. et al. Utilization of *Vigna mungo* flour as fat mimetic in biscuits: Its impact on antioxidant profile, polyphenolic content, storage stability, and quality attributes //Legume Science. – 2020. – Т. 2. – №. 4. – С. e58.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Куручкин Анатолий Алексеевич</b><br/> доктор технических наук<br/> профессор кафедры «Пищевые производства»<br/> ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br/> технологический университет»<br/> 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br/> <b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03<br/> <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p> | <p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b><br/> D.Sc. in Technical Sciences<br/> professor at the department of «Food productions»<br/> Penza State Technological University<br/> <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03<br/> <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p> |
| <p><b>Буренкова Снежана Алексеевна</b><br/> студент кафедры «Пищевые производства»<br/> ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br/> технологический университет»<br/> 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br/> <b>Тел.:</b> +7(904) 267-13-28<br/> <b>E-mail:</b> nix.lerros@gmail.com</p>                                 | <p><b>Burenkova Snezhana Alekseevna</b><br/> student of the department «Food productions»<br/> Penza State Technological University<br/> <b>Phone:</b> +7(904) 267-13-28<br/> <b>E-mail:</b> nix.lerros@gmail.com</p>                                        |

## Функциональный напиток на основе яблочного сока и ростков пшеницы

*Поляков А.В., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка функционального напитка, содержащего яблочный сок и ростки пшеницы. Получены данные об изменении пищевой ценности фруктового сока после добавления ростков пшеницы. Определена наиболее подходящая схема пастеризации, которая обеспечивает пищевую безопасность продукта и минимально денатурирует ценные для здоровья фитохимические вещества. Сырье и произведенные соки прошли количественный химический анализ на хлорофилл, витамин С, общее количество полифенолов, антиоксидантную активность и минералы (Р, Са, Mg, Fe, Na и Zn). Сделаны микробиологические анализы на наличие возбудителей.

**Ключевые слова:** функциональный напиток, сок, ростки пшеницы, пастеризация, яблочный сок.

**Для цитирования:** Поляков А.В., Фролов Д.И. Функциональный напиток на основе яблочного сока и ростков пшеницы // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 38–43.

## Functional drink based on apple juice and wheat germ

*Polyakov A.V., Frolov D.I.*

**Abstract.** The article discusses the development of a functional drink containing apple juice and wheat germ. Data were obtained on the change in the nutritional value of fruit juice after the addition of wheat germ. The most appropriate pasteurization scheme has been determined, which ensures the food safety of the product and minimally denatures phytochemicals valuable for health. Raw materials and produced juices underwent quantitative chemical analysis for chlorophyll, vitamin C, total polyphenols, antioxidant activity and minerals (P, Ca, Mg, Fe, Na and Zn). Made microbiological analyzes for the presence of pathogens.

**Keywords:** functional drink, juice, wheat germ, pasteurization, apple juice.

**For citation:** Polyakov A.V., Frolov D.I. Functional drink based on apple juice and wheat germ. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 38–43. (In Russ.).

### Введение

Изменения в образе жизни потребителей и моделях потребления продуктов питания открывают большие возможности для развития сектора функциональных продуктов питания [4]. Хотя до сих пор не существует общепринятого определения функционального питания, отрасль неуклонно растет во всем мире [3]. Растущий спрос на такие продукты можно объяснить растущими затратами на здравоохранение, неуклонным увеличением продолжительности жизни и стремлением пожилых людей к улучшению качества их более поздних лет [5].

Наиболее ранние разработки функциональных продуктов питания были обогащены витаминами и/или минералами, такими как витамин С, витамин Е, фолиевая кислота, цинк, железо и кальций.

Впоследствии акцент сместился на продукты, обогащенные различными питательными микроэлементами, такими как омега-3 жирные кислоты, фитостерин и растворимая клетчатка, для укрепления здоровья и предотвращения заболеваний.

Одной из важных категорий продуктов в сегменте функционального питания являются безалкогольные напитки, обогащенные витаминами А, С и Е или другими функциональными ингредиентами. Другими типами функциональных напитков являются напитки для снижения уровня холестерина (с комбинацией омега-3 и сои), напитки для здоровья глаз (с лютеином) или напитки для здоровья костей (с кальцием и инулином).

Следует также учитывать, что функциональные продукты продаются по более высоким ценам, что обеспечивает более высокую норму прибыли,

чем обычные продукты питания, что, очевидно, делает этот сектор привлекательным для участников цепочки поставок [7]. Несмотря на вышеупомянутые преимущества, разработка и продажа этих продуктов являются довольно сложными, дорогими и рискованными, поскольку необходимо отвечать особым требованиям [6].

Всеобъемлющие данные ряда исследований выявили множество эффектов ростков пшеницы при талассемии, гемолитической анемии, раке, астме, аллергии, воспалительных заболеваниях кишечника и детоксикации [1]. Однако существует очень ограниченное количество исследований по химическому скринингу ростков пшеницы. Сок ростков пшеницы является неотъемлемой частью макробиотической диеты в рамках подхода дополнительной и альтернативной медицины к противоопухолевой терапии из-за высокого содержания антиоксидантов.

Известно, что ростки пшеницы являются богатым источником витаминов, антиоксидантов и минералов. Она также содержит витамины А, В1, С и Е, многие минералы и микроэлементы, включая кальций, йод, селен и цинк. Было обнаружено, что хлорофилл, один из основных компонентов экстракта ростков пшеницы, увеличивает кровотока и укрепляет иммунную систему за счет ингибирования метаболической активации канцерогенов.

В ростках пшеницы есть практически все витамины, аминокислоты, антиоксиданты, минералы и полезные микроэлементы. Благодаря наличию этих компонентов ростки пшеницы обладают высокой питательной ценностью и показали положительный эффект при многих заболеваниях, таких как рак, диабет, язва, ревматоидный артрит, гиперлипидемия, талассемия, анемия, камни в почках, проблемы с пищеварением, кожные заболевания, астма.

С другой стороны, эпидемиологические исследования связывают потребление яблок со сниженным риском развития некоторых хронических заболеваний, таких как рак, сердечно-сосудистые заболевания, астма и диабет. Большая часть полез-

ных свойств яблок связана с высоким содержанием в них фенольных соединений (особенно флавоноидов), витамина С, антиоксидантов и пищевых волокон. Концентрация этих разнообразных фитохимических веществ может варьироваться в зависимости от нескольких факторов, таких как сорт яблока, климат, агротехнические условия, условия сбора и хранения и, конечно же, методы обработки.

Целью данного исследования было изучить разработку потенциального нового продукта, функционального напитка на основе яблочного сока, обогащенного ростками пшеницы, чтобы получить конкретные данные об изменении пищевой ценности фруктового сока после введения ростков пшеницы.

### Объекты и методы исследований

Сок, полученный из ростков пшеницы (образец 1), 100% яблочный сок (образец 2) и их составы, содержащие 30% ростков пшеницы и 70% яблочного сока, пастеризованных при 85 °С в течение 15 секунд (образец 3), и 30% ростков пшеницы и 70% яблочный сок, пастеризованный при 71°С в течение 15 секунд (образец 4).

Процесс приготовления сока осуществлялся с помощью соковыжималки для фруктов, овощей и ростков пшеницы.

Репрезентативные образцы, обозначенные как 1, 2, 3 и 4, как описано выше, подвергались химическому и микробиологическому анализу следующих параметров с использованием соответствующих стандартных методов:

Определение содержания аскорбиновой кислоты (витамина С) проводили титрованием - (окислительно-восстановительное титрование с использованием раствора йода). Антиоксидантную активность ростков пшеницы и фруктовых соков определяли с использованием DPPH (2, 2-дифенил-1-пикрилгидразил) метода анализа свободных радикалов.

Содержание хлорофилла определяли фотометрически методом. Общее содержание фенолов опре-

Таблица 1 - Содержание хлорофилла в образцах

| Образец                                  | Хлорофилл А, мг/л | Хлорофилл В, мг/л | Общий хлорофилл, мг/100 мл |
|------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Ростки пшеницы (РП)                      | 4,75              | 2,6               | 73,49                      |
| Яблочный сок (ЯС)                        | 4,33              | 2,73              | 7,06                       |
| Ростки пшеницы +Яблочный сок (85°С/2 с)  | 3,11              | 0,69              | 37,99                      |
| Ростки пшеницы +Яблочный сок (71°С /15с) | 1,35              | 0,82              | 14,32                      |

Таблица 2 – Содержание аскорбиновой кислоты, общее количество полифенолов и антиоксидантная активность образцов

| Образец                                  | Аскорбиновая кислота, г/л | Сумма полифенолов, мг/л | Антиоксидантная активность, 100 г/л |
|------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Ростки пшеницы (РП)                      | 235,62                    | 54,54                   | 140,35                              |
| Яблочный сок (ЯС)                        | 20,47                     | 17,81                   | 31,33                               |
| Ростки пшеницы +Яблочный сок (85°С/2 с)  | 50,63                     | 4,47                    | 54,72                               |
| Ростки пшеницы +Яблочный сок (71°С /15с) | 40,34                     | 4,63                    | 50,05                               |

деляли спектрофотометрическим методом общего индекса полифенолов. Все образцы, участвовавшие в этом исследовании, были проанализированы для определения содержания минералов, таких как Р, Са, Mg, Fe, Na и Zn. Микробиологические анализы на наличие возбудителей: кишечной палочки (ГОСТ 30726), сальмонелл (ГОСТ 31659) проводили с использованием стандартизированных методов.

Для всех полученных результатов был проведен статистический анализ. Все измерения проводились в трехкратной повторности. Корреляцию Пирсона между анализами, дисперсионный анализ и анализ основных компонентов полученных результатов проводили с использованием программного обеспечения Statistica 10.

### Результаты

Наиболее примечательной особенностью сока ростков пшеницы является высокое содержание хлорофилла. Хлорофилл имеет структурное сходство с гемоглобином, и было обнаружено, что он регенерирует или действует как заменитель гемоглобина в условиях дефицита гемоглобина. Это может быть причиной полезности ростков пшеницы при таких клинических состояниях, как талассемия и гемолитическая анемия.

Содержание хлорофилла определяли для всех проб в пересчете на сырую массу в мг/100 мл. Для

расчета общего хлорофилла использовали средние веса трех измерений при 645 нм для хлорофилла А и соответственно при 663 нм для хлорофилла В. Эти значения вместе со стандартным отклонением представлены в таблице 1.

Содержание хлорофилла в ростках пшеницы составило 73,40 мг/100 мл. Это значение сопоставимо с результатами других исследований [2]. Общее содержание хлорофилла было значительно выше в ростках пшеницы + яблочный сок при использовании схемы пастеризации 85°C в течение 2 с.

Роль аскорбиновой кислоты в укреплении здоровья хорошо известна, а ростки пшеницы считаются важным источником витамина С. Результаты определения содержания аскорбиновой кислоты (витамина С) методом окислительно-восстановительного титрования йодом для четырех образцов представлены в таблице 2.

Содержание аскорбиновой кислоты в образце 1 (Ростки пшеницы) составило 2,355 г/л, что соответствует литературным данным и другим исследованиям. Яблочный сок, консервированный, без добавления сахара или аскорбиновой кислоты содержит 0,009 г/л или 1% от рекомендуемой суточной нормы аскорбиновой кислоты. Концентрация витамина С (г/л) в свежем яблочном соке 0,204 г/л.

На основании результатов по аскорбиновой кислоте в ростках пшеницы, если принять среднее значение аскорбиновой кислоты для взрослого че-

Таблица 3 - Содержание минералов во всех образцах

| Элемент   | Ростки пшеницы (РП) | Яблочный сок (ЯС) | Ростки пшеницы +Яблочный сок (85°C/2 с) | Ростки пшеницы +Яблочный сок (71°C /15с) |
|-----------|---------------------|-------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| Р, г/кг   | 0,25                | 0,24              | 0,24                                    | 0,22                                     |
| Са, мг/кг | 825                 | 42,17             | 624,67                                  | 216,1                                    |
| Мg, мг/кг | 262,63              | 29,67             | 137,4                                   | 120,03                                   |
| Fe, мг/кг | 12,89               | 4,44              | 8,65                                    | 8,97                                     |
| Na, мг/кг | 7,58                | 7,87              | 16,66                                   | 17,21                                    |
| Zn, мг/кг | 3,75                | 0,57              | 1,02                                    | 1,56                                     |

Таблица 4 - Расчет химического и минерального состава дисперсионного анализа для всех образцов

| Элемент                    | Степень свободы | Сумма квадратов | ошибка df | ошибка СС | F        | p     |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|----------|-------|
| общий хлор                 | 3               | 8060            | 8         | 0         | 6961047  | 0     |
| витамин С                  | 3               | 90044           | 8         | 0,13      | 1891460  | 0     |
| индекс полифенолов         | 3               | 5026            | 8         | 0         | 15916292 | 0     |
| антиоксидантная активность | 3               | 21215           | 8         | 0         | 40029127 | 0     |
| фосфор                     | 3               | 0               | 8         | 0         | 2        | 0,186 |
| кальций                    | 3               | 1170155         | 8         | 0,75      | 4142141  | 0     |
| магний                     | 3               | 82774           | 8         | 0,1       | 2207316  | 0     |
| железо                     | 3               | 107             | 8         | 0         | 428618   | 0     |
| натрий                     | 3               | 255             | 8         | 0         | 1699733  | 0     |
| цинк                       | 3               | 18              | 8         | 0         | 102352   | 0     |

ловека 0,08 г/сутки, содержание аскорбиновой кислоты в ростках пшеницы составляет 294,4% рекомендуемой суточной нормы на 0,1 л. Выполнение 100% рекомендуемой суточной нормы для аскорбиновой кислоты требует ежедневного потребления всего 0,027 л ростков пшеницы. Из приведенных выше результатов видно, что концентрация аскорбиновой кислоты была выше в соке, пастеризованном при 85°C/2 с, по сравнению с соком, пастеризованным при 71°C/15 с.

Результаты анализов антиоксидантной активности для всех образцов, участвовавших в этом исследовании, представлены в таблице 2. Поскольку антиоксидантная активность связана с синергетическим действием некоторых полифенольных соединений, эта активность напрямую зависит от влияния температуры на эти компоненты. Поэтому образцы, участвовавшие в этом исследовании, были проверены на предмет их полифенольного профиля.

Результаты общего содержания полифенолов с антиоксидантной активностью и аскорбиновой кислоты представлены в таблице 2. Полученные результаты для аскорбиновой кислоты показывают, что концентрация витамина С в ростках пшеницы в 11,5 раз выше, чем его концентрация в яблочном соке. Аналогичная ситуация сложилась и для полифенолов, общие полифенолы для ростков пшеницы (54,54) по сравнению с яблочным соком (17,81). Среди пастеризованных соков Ростки пшеницы + Яблочный сок (85°C/2 с) имеет самое высокое значение общих полифенолов. Антиоксидантная активность ростков пшеницы (140,35 г/л) явно выше, чем у яблочного сока (31,33). Среди пастеризованных соков Ростки пшеницы + Яблочный сок (85°C/2 с) был богаче аскорбиновой кислотой, общими полифенолами и обладал более высокой антиоксидантной активностью, чем образец 4 - Ростки пшеницы + Яблочный сок (71°C/15с).

Концентрации минералов, приведенные в г/кг для фосфора и мг/кг для Ca, Mg, Fe, Na и Zn, представлены в таблице 3.

Поскольку ростки пшеницы считаются очень богатым источником минералов, а фруктовые соки широко потребляются во всем мире, оценка их содержания минералов является важным фактором для вопросов здоровья и безопасности, связанных с потребителями. Концентрация фосфора существенно не меняется между образцами; она колеблется от 0,22 г/кг до 0,25 г/кг.

Рекомендуемая суточная доза фосфора основана на количестве, необходимом для поддержания адекватной концентрации в крови, и зависит от возраста и пола. Содержание Ca в пробах колебалось от 42,17 мг/кг до 825 мг/кг. На основании результатов, представленных в Таблице 3, очевидна важная роль добавления ростков пшеницы в обогащение яблочного сока кальцием. Однако среднее значение РСД для Ca для взрослого человека может составлять 1000–1300 мг/день. Что касается содержания Fe,

ростки пшеницы можно рассматривать как важный источник для обогащения яблочного сока Fe путем увеличения концентрации Fe с 4,44 мг/кг в яблочном соке до 8,97 мг/кг в образце 4 - Ростки пшеницы + Яблочный сок (71°C/15с), соответственно 8,65 мг/кг в образце 3 - Ростки пшеницы + Яблочный сок (85°C/2 с). Среднее рекомендуемое суточное потребление железа с пищей и добавками составляет 13,7–15,1 мг/сут для детей в возрасте 2–11 лет, 16,3 мг/сут для детей и подростков в возрасте 12–19 лет и 19,3–20,5 мг/сут для мужчин и 17,0–19 лет, 18,9 мг/день для женщин старше 19 лет. Среднее потребление железа с пищей беременными женщинами составляет 14,7 мг/день.

Аналогичные результаты получены для Na и Zn, где состав яблочного сока, содержащий ростки пшеницы (образцы 3 и 4), содержит больше Na и Zn, чем яблочный сок (образец 2). Цинк участвует во многих аспектах клеточного метаболизма, таких как участие в каталитической активности примерно 100 ферментов, его роль в иммунной системе, синтезе белка и делении клеток. Ежедневное потребление цинка необходимо для поддержания стабильного состояния, потому что в организме нет специальной системы хранения цинка.

### Обсуждение

Односторонний тест дисперсионного анализа был проведен для оценки эффективности ростков пшеницы в отношении химических параметров и содержания минералов при смешивании с яблочным соком. Этот анализ представлен в таблице 4.

Дисперсионный анализ показал, что на содержание всех измеренных параметров (кроме содержания фосфора) влияет образец и способ пастеризации, статистически значимо при уровне  $p < 0,01$ . Антиоксидантная активность показала достоверную положительную линейную корреляцию с аскорбиновой кислотой (витамин С) и общим хлорофиллом (общий хлор) ( $r = 0,996$ ,  $p < 0,01$  и  $r = 0,95$ ,  $p < 0,05$  соответственно). Кроме того, витамин С показал достоверную положительную линейную корреляцию с общим индексом полифенолов и общим индексом полифенолов ( $r = 0,939$ ,  $p < 0,10$  и  $r = 0,926$ ,  $p < 0,10$  соответственно).

Как видно, образцы сока четко разделялись в соответствии с примененными анализами. Результаты качества показали, что первые два главных компонента, составляющие 92,74% общей изменчивости, можно считать достаточными для представления данных.

Микробиологические тесты на наличие таких возбудителей, как *E. coli*, *Salmonella* и *L. monocytogenes*, проводились только для составов образцов 3 и 4. Оба образца дали отрицательный результат на наличие *E. coli*, *Salmonella* и *L. monocytogenes*.

Результаты микробиологических анализов показывают, что обе схемы пастеризации соков, полу-

ченных в данном исследовании, безопасны с точки зрения пищевой безопасности.

### Выводы

Ростки пшеницы можно рассматривать как потенциальное сырье по переработке фруктов в качестве продукта с добавлением питательной ценности, как отличный источник полезных для здоровья фитонутриентов, таких как хлорофилл, витамин С, полифенолы и минералы. При использовании в свежем виде, пищевая ценность ростков пшеницы намного выше. Из результатов, полученных в работе, состав 70% яблочного сока + 30% ростков пшеницы показывает высокое содержание аскорбиновой кислоты, общего количества полифенолов, общего хлорофилла, антиоксидантной активности и содержания минералов. Обе схемы пастеризации соков,

полученных в данном исследовании, были безопасны с точки зрения пищевой безопасности. Все проанализированные минералы во всех пробах находились в пределах соответствующих рекомендуемых значений. Дисперсионный анализ показал, что на содержание всех измеряемых параметров (кроме содержания Р) влияет образец и способ пастеризации. Кроме того, результаты также дают практический вывод для потребителей: образец с содержанием 70% яблочного сока + 30% ростков пшеницы обеспечивают разнообразие биологически активных компонентов, которые жизненно важны для укрепления здоровья и профилактики заболеваний.

### Литература

- [1] Padalia S. et al. Multitude potential of wheatgrass juice (Green Blood): An overview //Chronicles of young scientists. – 2010. – Т. 1. – №. 2. – С. 23-28.
- [2] Wakeham P. The medicinal and pharmacological screening of wheatgrass juice (Triticum aestivum L.): an investigation into chlorophyll content and antimicrobial activity. – 2013.
- [3] Rodionov, I. S. Biotechnological bases of a functional drink based on whey / I. S. Rodionov, I. A. Evdokimov, E. A. Abakumova // Modern Science and Innovations. – 2023. – No. 1(41). – P. 72-82. – DOI 10.37493/2307-910X.2023.1.7. – EDN EVRKXW.
- [4] Paukova, V. S. Calculation of the cost of the developed functional drink based on matcha tea / V. S. Paukova // Modern Science and Innovations. – 2023. – No. 1(41). – P. 95-104. – DOI 10.37493/2307-910X.2023.1.9. – EDN RGVIPV.
- [5] Манжесов, В. И. Актуальные тенденции в производстве овощных напитков функциональной направленности / В. И. Манжесов, С. Ю. Чурикова, М. С. Бабенкова // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2017. – № 1(8). – С. 68-73. – EDN ZDGPJL.
- [6] Брыксина, К. В. Разработка напитка функционального назначения на основе творожной сыворотки с фруктовым наполнителем / К. В. Брыксина, Е. И. Попова, Н. Ю. Толстова // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4, № 4. – EDN CWQNCO.
- [7] Скрипко, О. В. Использование соевой сыворотки для приготовления безалкогольных напитков функционального назначения / О. В. Скрипко // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 5(170). – С. 219-225. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-5-219-225. – EDN PWLYJV.

### References

- [1] Padalia S. et al. Multitude potential of wheatgrass juice (Green Blood): An overview //Chronicles of young scientists. - 2010. - T. 1. - No. 2. - pp. 23-28.
- [2] Wakeham P. The medicinal and pharmacological screening of wheatgrass juice (Triticum aestivum L.): an investigation into chlorophyll content and antimicrobial activity. – 2013.
- [3] Rodionov, I. S. Biotechnological bases of a functional drink based on whey / I. S. Rodionov, I. A. Evdokimov, E. A. Abakumova // Modern Science and Innovations. – 2023. – No. 1(41). – pp. 72-82. – DOI 10.37493/2307-910X.2023.1.7. – EDN EVRKXW.
- [4] Paukova, V. S. Calculation of the cost of the developed functional drink based on matcha tea / V. S. Paukova // Modern Science and Innovations. – 2023. – No. 1(41). – pp. 95-104. – DOI 10.37493/2307-910X.2023.1.9. – EDN RGVIPV.
- [5] Manzhosov, V. I. Actual trends in the production of functional vegetable drinks / V. I. Manzhosov, S. Yu. Churikova, M. S. Babenkova // Technologies and commodity science of agricultural products. - 2017. - No. 1(8). – pp. 68-73. – EDN ZDGPJL.
- [6] Bryksina, K. V., Popova E. I., Tolstova N. Yu. Development of a functional drink based on curd whey with fruit filler // Science and Education. - 2021. - V. 4, No. 4. - EDN CWQNCO.
- [7] Skripko, O. V. The use of soy whey for the preparation of soft drinks for functional purposes / O. V. Skripko // Bulletin of KrasSAU. - 2021. - No. 5 (170). – pp. 219-225. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-5-219-225. – EDN PWLYJV.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

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

## Влияние основных ингредиентов на текстурные свойства печенья

Юрна Д.А., Фролов Д.И.

**Аннотация.** В статье проведен обзор последних исследований в области выпечки печенья с технологической точки зрения и влияния различных ингредиентов на физические и текстурные свойства печенья. Даны рекомендации по применению заменителей основного сырья в рецептуре печенья.

**Ключевые слова:** печенье, текстурные свойства, ингредиенты, заменители.

**Для цитирования:** Юрна Д.А., Фролов Д.И. Влияние основных ингредиентов на текстурные свойства печенья // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 44–47.

## Influence of the main ingredients on the textural properties of the biscuit

Yurna D.A., Frolov D.I.

**Abstract.** The article provides an overview of the latest research in the field of cookie baking from a technological point of view and the influence of various ingredients on the physical and textural properties of cookies. Recommendations are given on the use of substitutes for the main raw materials in the biscuit recipe.

**Keywords:** biscuits, textural properties, ingredients, substitutes.

**For citation:** Yurna D.A., Frolov D.I. Influence of the main ingredients on the textural properties of the biscuit. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 44–47. (In Russ.).

### Введение

Среди мучных кондитерских изделий печенье, занимает видное место благодаря своим привлекательным свойствам, таким как более длительный срок хранения, разнообразный вкус и текстура.

Рецепт печенья состоит из основных и второстепенных ингредиентов. Мука, жир или масло, сахар, вода, химическая закваска (бикарбонат натрия, бикарбонат аммония) являются основными ингредиентами, в то время как соль, яйцо, эмульгатор, сухое молоко и ароматизирующие соединения служат необязательными второстепенными ингредиентами [3]. Тип и количество этих ингредиентов оказывают большое влияние на качество конечного продукта.

С точки зрения потребителя, текстура печенья должна быть хрустящей с приятным вкусом, так как от этого зависит качество восприятия [10]. В общем, текстура печенья в основном связана с механическими свойствами печенья. В структуре печенья газовые клетки различных размеров и форм внедряются в матрицу из крахмала, жира и сахара. Соотношение или замена жира относительно уровня сахара, муки и размера частиц ингредиентов

влияют на механические свойства печенья, которые существенно влияют на текстуру [9]. Печенье, приготовленное из пшеничной муки, требует большего усилия, чтобы разломиться, чем печенье, приготовленное из не пшеничной муки. Наличие глютена в пшеничной муке устанавливает белковую матрицу и создает более твердую текстуру [2]. Кроме того, печенье, приготовленное из пророщенной муки, оказалось более мягким по текстуре, чем печенье из непорощенной муки [2]. Структурная деградация крахмала и белка, вызванная прорастанием, способствует формированию более слабой матрицы в печенье, тем самым смягчая текстуру.

### Обсуждение

Концептуальная ориентация размера клеток при высоком и пониженном содержании жира и сахара показана на рисунке 1.

Добавление сахара приводит к образованию высокосвязной структуры и хрустящей текстуры. Когда сахар растворяется в воде для теста, образуется густой раствор с высокой вязкостью, который при охлаждении затвердевает, превращаясь в

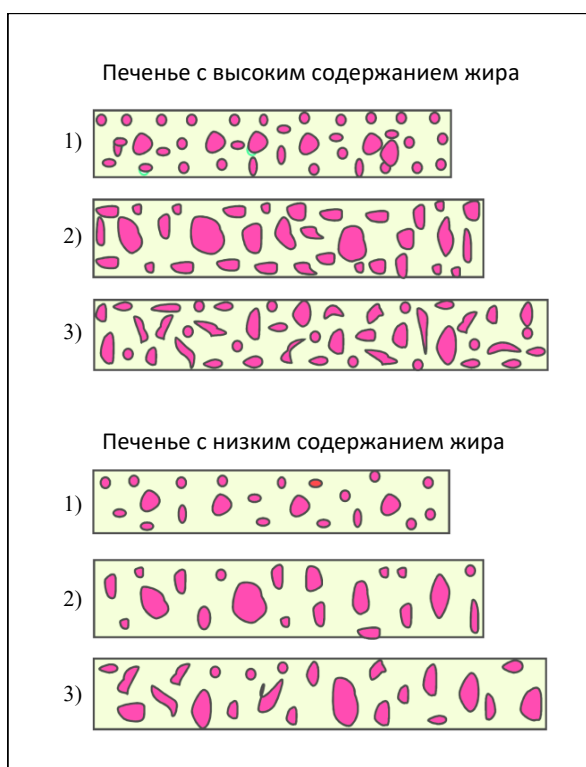


Рис.1. Ориентация размера клеток в печенье с высоким и пониженным содержанием жира для различной структуры ячеек печенья: 1 - перед стадией выпечки; 2 - во время стадии выпечки; 3 - на заключительной стадии.

твердый, аморфный и стекловидный материал, в результате чего получается продукт с хрустящей текстурой [1]. При исследовании печенья без сахара [1] добавление концентрата сывороточного белка и эмульгатора во время хранения не оказало существенного влияния на физические и текстурные характеристики, и оно могло храниться до 15 дней. Тип заменителя жира и уровень его замены также влияют на изменение объема и твердости мякиша бисквита или печенья. Согласно авторам [4], прочность на разрыв и прочность на сжатие снижается с увеличением содержания жира и улучшается хрусткость печенья. Несколько авторов провели обширную работу по замене жира в печенье [8]. Например, эмульсии целлюлозы, используемые в качестве заменителя кулинарного жира, придавали печенью хрустящую текстуру с более длительным временем выпекания [6]. Более того, увеличение уровня жира увеличивает пористость печенья и размер ячеек, тогда как уменьшается анизотропия клеток и клеточных стенок. Кроме того, это приводит к снижению прочности печенья на разрыв, поскольку жир влияет на прочность клеточной стенки. Однако распределение размеров клеток и толщины клеточных стенок не зависит от количества добавленного жира.

Точно так же пористость печенья, размер ячеек и толщина стенки ячеек увеличиваются с увеличением уровня сахара из-за его влияния на вязкость теста [5]. В последние годы клеточная структура, включая пористость печенья, размер, распределение и ориентацию клеток, толщину клеточной стен-

ки и ее анизотропию, лучше изучена и выяснена с помощью рентгеновской микротомографии. Изображения рентгеновской микротомографии являются результатом поглощения и пространственного распределения рентгеновских лучей твердой и пустотной фракциями образца печенья. Авторы [5] в своем исследовании с помощью рентгеновской микротомографии установили, что толщина клеточной стенки сильно коррелирует с прочностью на разрыв печенья с уровнем сахара от 17,6% до 25,7%. Вкусовые соединения также оказывают большое влияние на структуру печенья. Различие в структуре было обусловлено взаимодействием ингредиентов теста со свойствами вкусовых соединений при приготовлении и выпечке теста. Авторы [7] сравнили добавление двух ароматизаторов: пропиленгликоля и триацетина на пористость печенья с помощью рентгеновской микротомографии и обнаружили, что пропиленгликоль с летучими и гидрофильными свойствами образует большее количество мелких пор в матрице печенья, чем триацетин.

Еще одним важным компонентом является содержание воды, которая заметно влияет на текстуру конечного продукта. Было исследовано влияние содержания воды на механические свойства печенья с помощью теста на трехточечный изгиб. Обнаружили, что падение напряжения разрушения и модуля упругости сопровождается увеличением деформации до разрушения при содержании воды примерно от 4 до 5%. Точно так же модуль упругости полусладкого печенья уменьшался с увеличением содержания влаги. Кроме того, растрескивание печенья (например, полусладкого печенья) обычно регистрируется из-за градиентов влажности внутри печенья. Во время выпечки печенье имеет больше влаги в центральной области, чем по краям. Однако при охлаждении и хранении эта влага переходит из центральной области во внешнюю краевую область, благодаря миграции влаги.

Качество теста также в значительной степени определяет конечную текстуру твердости печенья, способности к разрушению, прочности, хрусткости, ломкости, когезивности, упругости, жевательности [8]. Слишком твердое или слишком мягкое тесто не даст удовлетворительного результата. Твердость печенья связана со степенью частичной желатинизации крахмала, что приводит к более мягкой текстуре менее набухших гранул крахмала. Разница между температурой продукта и температурой стеклования определяет степень хрусткости.

## Выводы

Среди хлебобулочных изделий печенье обладает привлекательными свойствами, включая широкое потребление, длительный срок хранения, доступность с разнообразным вкусом и текстурой. Ингредиенты оказывают большое влияние на пищевые, текстурные, физические свойства печенья и следовательно, включены в соответствующей

пропорции для достижения желаемого качества. С целью лечебно-профилактического питания можно провести исследования по замене ингредиентов для разработки печенья. По-прежнему необходимо понимать сложные взаимосвязи между водой и другими компонентами, такими как жир, крахмал, белок и сахар, в различных физических состояниях (аморфном и кристаллическом) в печенье при хранении.

Заменители жира полезны и играют ключевую роль в растущей индустрии мучных кондитерских изделий с низким содержанием жира и пониженным содержанием жира. Важно учитывать реологические, функциональные возможности заменителей жира и условия обработки производителями пищевых продуктов.

## Литература

- [1] de Almeida Marques G. et al. Whey protein as a substitute for wheat in the development of no added sugar cookies //LWT-Food Science and Technology. – 2016. – Т. 67. – С. 118-126.
- [2] Jan R., Saxena D. C., Singh S. Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten-Free cookies made from raw and germinated Chenopodium (Chenopodium album) flour //LWT-Food Science and Technology. – 2016. – Т. 71. – С. 281-287.
- [3] Mancebo C. M., Picón J., Gómez M. Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies //LWT-Food Science and Technology. – 2015. – Т. 64. – №. 1. – С. 264-269.
- [4] Manohar R. S., Rao P. H. Effect of emulsifiers, fat level and type on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits //Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1999. – Т. 79. – №. 10. – С. 1223-1231.
- [5] Pareyt B. et al. The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties //Journal of Food Engineering. – 2009. – Т. 90. – №. 3. – С. 400-408.
- [6] Sanz T., Laguna L., Salvador A. Biscuit dough structural changes during heating: Influence of shortening and cellulose ether emulsions //LWT-Food Science and Technology. – 2015. – Т. 62. – №. 2. – С. 962-969.
- [7] Yang N. et al. Impact of flavour solvent on biscuit micro-structure as measured by X-ray micro-computed tomography and the distribution of vanillin and HMF (HPLC) //European Food Research and Technology. – 2012. – Т. 235. – С. 1083-1091.
- [8] Zoulias E. I., Oreopoulou V., Tzia C. Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate-or protein-based fat replacers //Journal of Food Engineering. – 2002. – Т. 55. – №. 4. – С. 337-342.
- [9] Zoulias E. I., Piknis S., Oreopoulou V. Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies //Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2000. – Т. 80. – №. 14. – С. 2049-2056.
- [10] Киселёва А. С., Гринченко В. С., Цаава С. В. Исследование влияния сахара на человека // Инновационные технологии пищевых производств. – 2021. – С. 32-33.

## References

- [1] de Almeida Marques G. et al. Whey protein as a substitute for wheat in the development of no added sugar cookies //LWT-Food Science and Technology. – 2016. – Т. 67. – pp. 118-126.
- [2] Jan R., Saxena D. C., Singh S. Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten-Free cookies made from raw and germinated Chenopodium (Chenopodium album) flour //LWT-Food Science and Technology. – 2016. – Т. 71. – pp. 281-287.
- [3] Mancebo C. M., Picón J., Gómez M. Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies //LWT-Food Science and Technology. – 2015. – Т. 64. – No. 1. – pp. 264-269.
- [4] Manohar R. S., Rao P. H. Effect of emulsifiers, fat level and type on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1999. – Т. 79. – No. 10. – pp. 1223-1231.
- [5] Pareyt B. et al. The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties // Journal of Food Engineering. – 2009. – Т. 90. – No. 3. – pp. 400-408.
- [6] Sanz T., Laguna L., Salvador A. Biscuit dough structural changes during heating: Influence of shortening and cellulose ether emulsions //LWT-Food Science and Technology. – 2015. – Т. 62. – No. 2. – pp. 962-969.
- [7] Yang N. et al. Impact of flavor solvent on biscuit micro-structure as measured by X-ray micro-computed tomography and the distribution of vanillin and HMF (HPLC) //European Food Research and Technology. – 2012. – Т. 235. – pp. 1083-1091.
- [8] Zoulias E. I., Oreopoulou V., Tzia C. Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate-or protein-based fat replacers // Journal of Food Engineering. – 2002. – Т. 55. – No. 4. – pp. 337-342.
- [9] Zoulias E. I., Piknis S., Oreopoulou V. Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2000. – Т. 80. – No. 14. – pp. 2049-2056.
- [10] Kiseleva A. S., Grinchenko V. S., Tsaava S. V. Study of the influence of sugar on humans // Innovative technologies of food production. – 2021. – pp. 32-33.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Юрна Диана Андреевна</b><br>студент кафедры «Пищевые производства»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br>технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11                                                                                               | <b>Yurna Diana Andreevna</b><br>student of the department «Food productions»<br>Penza State Technological University                                                                                                                |
| <b>Фролов Дмитрий Иванович</b><br>кандидат технических наук<br>доцент кафедры «Пищевые производства»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br>технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br><b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28<br><b>E-mail:</b> surr@bk.ru | <b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b><br>PhD in Technical Sciences<br>associate professor at the department of «Food productions»<br>Penza State Technological University<br><b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28<br><b>E-mail:</b> surr@bk.ru |

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 635-18

### Влияние загрязненной нитратами воды на урожайность петрушки

*Блинохватов А.А., Симаков Д.Г.*

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема качества оросительной воды, используемой при орошении культур. Производство сельскохозяйственных культур, обеспечивающих безопасность пищевых продуктов, во многом зависит от характеристик почвы. Целью данной работы является установление влияния загрязненной нитратами поливной воды на урожайность петрушки. В опыте по выращиванию в горшках с почвой (чернозем) исследовали влияние поливной воды, взятой из естественных колодцев. При четырех возрастающих уровнях содержания нитратов в воде (16, 77, 184 и 320 мг/л) были обнаружены изменения в содержании нитратов (от 20 до 1970 мг/кг), адекватные концентрации нитратов в воде и снижающиеся со временем. Содержание сахаров и сухих веществ были определены в трех черенках. Показана параллельная тенденция концентрации нитратов и содержания пигментов в листьях. Полученные результаты дают конкретные рекомендации по безопасности продукции из петрушки и контролю качества почвы при обогащении нитратами с помощью воды, используемой для орошения.

**Ключевые слова:** безопасность пищевых продуктов, овощи, орошение, загрязненная вода, сахара, пигменты.

**Для цитирования:** Блинохватов А.А., Симаков Д.Г. Влияние загрязненной нитратами воды на урожайность петрушки // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 48–53.

### Effect of nitrate-contaminated water on parsley yield

*Blinohvatov A.A., Simakov D.G.*

**Abstract.** The article considers the problem of the quality of irrigation water used in the irrigation of crops. The production of food-safe crops is highly dependent on soil characteristics. The purpose of this work is to establish the effect of irrigation water contaminated with nitrates on the yield of parsley. In an experiment on growing in pots with soil (chernozem), the effect of irrigation water taken from natural wells was investigated. At four increasing levels of nitrate in water (16, 77, 184 and 320 mg/l), changes in nitrate content (from 20 to 1970 mg/kg) were found, adequate concentrations of nitrates in water and decreasing with time. The content of sugars and solids were determined in three cuttings. A parallel trend in the concentration of nitrates and the content of pigments in the leaves is shown. The results obtained provide specific recommendations for the safety of parsley products and soil quality control when enriched with nitrates using irrigation water.

**Keywords:** food safety, vegetables, irrigation, contaminated water, sugars, pigments.

**For citation:** Blinohvatov A.A., Simakov D.G. Effect of nitrate-contaminated water on parsley yield. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 48–53. (In Russ.).

## Введение

Во всем мире азотные удобрения играют решающую роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур [1-3]. В то же время внесение азотных удобрений является крупнейшим энергетическим вложением и значением в себестоимости продукции, а также значительным поставщиком нитратного загрязнения подземных вод [4, 5]. Применяемые в оптимальных дозах азотные удобрения позволяют повысить качество продукции и урожайность на 20-40%. С другой стороны, внесение удобрений с необоснованно высокими дозами азота, особенно когда азот в почве не сбалансирован с другими питательными веществами, приводит к накоплению нитратов в продукте выше максимального. Исследования ученых по балансу азота и фосфора на уровне хозяйств показали, что при интенсивном овощеводстве на одном и том же хозяйстве в годы после вегетации почва содержала от 40 до 100 кг азота на гектар, а разрыв составлял около 10 кг  $P_2O_5$  [6-9]. Известно, что овощи являются основным источником токсичности нитратов для человека. Около 70% суточной нормы нитратов человек получает с овощами, 20% - с питьевой водой и 10% - с мясом и другими продуктами питания. Чаще всего накопление нитратов в растениеводстве связано с повышенным внесением азотных удобрений. Многочисленные данные свидетельствуют, однако, что такая интерпретация не всегда верна. Во многих случаях высокое содержание нитратов обнаруживается в продукции, полученной без каких-либо органических и минеральных удобрений. Высокое содержание нитратов в растениях также может быть спровоцировано не только азотными удобрениями, но и более чем 20 другими факторами, такими как биология культуры и сорта, климатические и почвенные условия, агротехника и др.

Принимая во внимание важность обеспечения безопасности пищевых продуктов и повышение знаний в области агрохимии почв и биологии растений, была поставлена цель выявить изменения урожайности, качества и некоторых биохимических показателей в процессе вегетации петрушки, выращиваемой при поливе загрязненной водой.

## Объекты и методы исследований

Эксперимент проводился на садовом участке в теплице в г. Пенза. Почва среднебогатая гумусом 3,7%, нейтральным pH в воде 6,8 и низким содержанием минерального азота - 5,5 мг/1000г и очень высоким содержанием подвижного калия и фосфора:  $K_2O$ -218,5 мг/100г и  $P_2O_5$ -56,5 мг/100г.

Экспериментальная схема составлена из четырех вариантов, и каждый вариант включал шесть повторностей. Варианты основаны на восходящей нагрузке поливной воды с нитратами. Воду брали из четырех действующих в поселке колодцев. Установленное содержание загрязняющих веществ

Таблица 1 - Концентрация нитратов, хлоридов и сульфатов (мг/л) в оросительной воде

| Вариант                        | $NO_3^-$ | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ |
|--------------------------------|----------|--------|-------------|
| 1                              | 16       | 47     | 147         |
| 2                              | 77       | 61     | 190         |
| 3                              | 184      | 106    | 263         |
| 4                              | 320      | 213    | 490         |
| Максимально допустимый уровень | 50       | 250    | 250         |

характеризовало воду, загрязненную нитратами в трех скважинах, и высоким содержанием сульфатов (табл. 1).

В горшки высаживали 20 семян петрушки сорта «Фестивальная». За счет ежедневных поливов влажность почвы поддерживали на уровне 75% от влажности почвы. За вегетацию было сделано три укоса растений.

Исследование включало наблюдение за следующими параметрами: масса зеленых листьев и корней (г), оценку качества растений проводили по нитратам (мг\*л/кг) и общим сахарам (%) (по методикам ГОСТ), содержание пластидных пигментов в свежей массе (метод экстракции 80% ацетоном) (мг/100 г)). Абсолютно сухое вещество определяли в % от свежей биомассы.

## Результаты

Тестовые растения выращивали в течение двух месяцев. При этом было проведено три среза растений с хорошо сформированной листвой. Обращают на себя внимание небольшие различия в массе растений первого и второго укосов по сравнению с первым укосом (табл. 2) несмотря на то, что содержание нитратов в поливной воде на втором варианте значительно выше. Вегетативные массы в третьем и четвертом вариантах одного периода укоса практически равны. В начале вегетации различия между вариантами кажутся четкими. Во втором и третьем разрезах различия между вариантами увеличиваются. Масса первого укоса растений в варианте 4 на 32 % больше, чем в первом, затем второй вариант уже более чем в пять раз больше, а разница в уклоне между четвертым и первым вариантом в тринадцать раз больше в пользу четвертого. вариант на третьем разрезе. Суммарно биомасса лиственных растений всех трех укосов по варианту 4 примерно в три раза больше, чем по первому. Эти различия между опытными вариантами и полученными корневыми массами очень выражены. В конце эксперимента варианты растений с самой высокой нагрузкой нитратами имеют почти в 6 раз большую корневую массу по сравнению с вариантом 1.

Содержание зольных элементов в зеленой части и корнях петрушки увеличивается с увеличением содержания азота в поливной воде, в соответствии с повышенным водопотреблением и

формируемым более крупным листом. При этом содержание сухого вещества и общих сахаров в листьях было выше в первом варианте и снижается с увеличением содержания нитратов в поливных водах.

В соответствии с разной нагрузкой поливной воды регистрируемое содержание нитратов в урожае различно. В то время как первый срез варианта 1 имеет только 20,1 мг сырой массы  $\text{NO}_3/\text{кг}$ , то в четвертом варианте  $\text{NO}_3/\text{кг}$  достигают 1970 мг сырой массы. На следующих этапах измерения содержание нитратов падает. Параллельно с повышением температуры воздуха и солнечной активности, а также с развитием растительности увеличивалась активность нитратредуктазы, что способствовало превращению нитратов в растительных клетках. В третьем срезе нитраты в листе уменьшились в два раза чем в первом варианте, примерно в восемь раз

на втором, замедлились в третьем и в двенадцать раз на 4 варианте. Однако тот опыт показал, что содержание нитратов в вегетативной массе вариантов петрушки даже при высоком содержании нитратов в поливной воде ниже допустимых концентраций, для яровых овощей риск является фактом, особенно учитывая низкое содержание минерального азота.

Агроэкологический интерес представляет расчет вносимой почвенной селитры с поливной водой с учетом всей воды, необходимой для выхода опыта. Если с санитарно чистой поливной водой было внесено 27,88 г  $\text{NO}_3/\text{кг}$  почвы, то под наиболее загрязненной нитратами водой это количество составило 790 мг  $\text{NO}_3/\text{кг}$  почвы или в 28 раза. в расчете на площадь, по первому варианту составило 0,126 кг N/га, по второму - 0,679 кг N/га, по третьему - 1,984 кг N/га и по последнему варианту составило 3,570 кг N/га.

Таблица 2 - Влияние нитратов в оросительной воде на формирование биомассы (зеленой и корневой), г

| Нитраты, мг/л |         | Зеленая биомасса |         |          |       | Корнеплоды |
|---------------|---------|------------------|---------|----------|-------|------------|
|               |         | I срез           | II срез | III срез | общий |            |
|               | средний | 6                | 1,32    | 0,57     | 7,89  | 1,79       |
| 16,4          | медиана | 5,86             | 1,39    | 0,59     |       | 1,28       |
|               | станд.  | 1,12             | 0,27    | 0,13     |       | 1,34       |
|               | средний | 5,43             | 1,94    | 1,3      | 9,32  | 5,55       |
| 77,1          | медиана | 5,48             | 1,82    | 1,16     |       | 5,86       |
|               | станд.  | 0,55             | 0,4     | 0,38     |       | 2,38       |
|               | средний | 7,9              | 4,66    | 5,23     | 17,79 | 9,57       |
| 184,3         | медиана | 7,96             | 5,19    | 5,15     |       | 9,33       |
|               | станд.  | 1,81             | 1,33    | 0,99     |       | 3,2        |
|               | средний | 7,91             | 6,95    | 7,85     | 22,71 | 10,39      |
| 320,5         | медиана | 8,02             | 6,98    | 7,75     |       | 9,62       |
|               | станд.  | 2,19             | 0,89    | 0,77     |       | 2,52       |

Таблица 3 - Влияние нитратов в оросительной воде на изменение показателей качества

| Вариант                      | 1     | 2     | 3     | 4      |
|------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| I срез                       |       |       |       |        |
| Зольные элементы, %          | 15,84 | 16,6  | 18,62 | 19,5   |
| Абсолютная сухая биомасса, % | 19,52 | 18,12 | 16,63 | 16,57  |
| $\text{NO}_3$ , мг/кг        | 20,1  | 221,4 | 1150  | 1970,3 |
| Общие сахара, %              | 8,6   | 8,3   | 7,5   | 6,1    |
| II срез                      |       |       |       |        |
| Зольные элементы, %          | 16,6  | 17,4  | 18,31 | 19,72  |
| Абсолютная сухая биомасса, % | 20,25 | 17,07 | 14,44 | 14,07  |
| $\text{NO}_3$ , мг/кг        | 19    | 26,23 | 62,75 | 412,38 |
| Общие сахара, %              | 8,4   | 8,9   | 7,2   | 5,9    |
| III срез                     |       |       |       |        |
| Зольные элементы, %          | 15,07 | 16,11 | 17,34 | 18,03  |
| Абсолютная сухая биомасса, % | 15,24 | 13,16 | 11,74 | 12,68  |
| $\text{NO}_3$ , мг/кг        | 10,21 | 17,34 | 11,64 | 168,72 |
| Общие сахара, %              | 7,5   | 7,4   | 5,7   | 3,9    |
| Корнеплоды                   |       |       |       |        |
| Зольные элементы, %          | 17,04 | 15,87 | 15,16 | 16,23  |

Таблица 4 - Содержание пластидных пигментов в зеленой биомассе петрушки

| Варианты                             | 1     | 2     | 3     | 4     |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| I срез                               |       |       |       |       |
| хлорофилл «а» (мг/г)                 | 5,08  | 5,9   | 6,24  | 7,29  |
| хлорофилл «б» (мг/г)                 | 2,73  | 3,06  | 3,88  | 3,85  |
| хлорофилл «а» + хлорофилл «б» (мг/г) | 7,81  | 8,96  | 10,12 | 11,14 |
| хлорофилл «а» / хлорофилл «б»        | 1,86  | 1,93  | 1,61  | 1,89  |
| каротиноиды (мг/г)                   | 1,95  | 2,04  | 1,98  | 2,18  |
| II срез                              |       |       |       |       |
| хлорофилл «а» (мг/г)                 | 6,88  | 7,02  | 7,58  | 9,09  |
| хлорофилл «б» (мг/г)                 | 3,81  | 3,54  | 3,59  | 3,99  |
| хлорофилл «а» + хлорофилл «б» (мг/г) | 10,69 | 10,56 | 11,17 | 13,08 |
| хлорофилл «а» / хлорофилл «б»        | 1,82  | 2     | 2,11  | 2,28  |
| каротиноиды (мг/г)                   | 2,37  | 2,17  | 2,48  | 2,91  |
| III срез                             |       |       |       |       |
| хлорофилл «а» (мг/г)                 | 7,51  | 7,58  | 8,66  | 15,26 |
| хлорофилл «б» (мг/г)                 | 4,23  | 3,65  | 5,53  | 12,67 |
| хлорофилл «а» + хлорофилл «б» (мг/г) | 11,74 | 11,23 | 14,19 | 27,93 |
| хлорофилл «а» / хлорофилл «б»        | 1,78  | 2,08  | 1,57  | 1,2   |
| каротиноиды (мг/г)                   | 2,26  | 2,44  | 2,31  | 2,98  |

### Обсуждение

Нитраты представляют собой природные формы азота и являются неотъемлемой частью круговорота азота в окружающей среде. Их присутствие в продукции растениеводства (преимущественно овощей) в высоких концентрациях представляет опасность для здоровья человека. Это подразумевает контроль за применением удобрений, широко используемых в современном сельском хозяйстве. Однако относительно мало внимания уделялось другим источникам внесения нитратов в почву. В частности, загрязнителем является качество поливной воды для выращивания овощей.

Петрушка – одна из основных специй и трав, традиционно используемых в нашей стране. В то же время петрушка относится к числу растений, характеризующихся высоким риском накопления нитратов. Различная способность к накоплению нитратов в растениях может быть связана с конкретным местом активности нитратредуктазы и ее экспрессией, а также с различными уровнями поглощения и транслокации нитратов внутри растения.

В данном исследовании учитывается сезонная динамика поглощения и транспорта нитратов в зеленые части растений. В течение фаз вегетации не только увеличивается биомасса растительности, но и улучшаются факторы, ограничивающие изменение активности ферментов (увеличение солнечного света, ограничение источников нитратов). Это

естественным образом приводит к снижению концентрации нитратов в листьях. Особенно резко это проявляется в вариантах с высоким поступлением нитратов с поливной воды.

Изменения содержания нитратов в биомассе тесно связаны с другими метаболическими процессами. Известно, что для восстановления нитратов и включения их в органические соединения необходима энергия, которая поступает от разрушения углеводов. В экспериментальных условиях наибольшее содержание общих сахаров имеет первый срез, когда образуется достаточно биомассы растений и, вероятно, действуют адаптивные механизмы для борьбы с высоким уровнем нитратов (табл. 3).

В течение вегетации у растений формируются и адекватные физиологические процессы, связанные с утилизацией макроэлементов, таких как фотосинтетические пластидные пигменты. В состав хлорофилла входят в основном азотсодержащие структуры (ферменты и органические соединения). Несомненный интерес представляет исследование связи и взаимосвязи между содержанием хлорофилла в листьях и азотом в циклах растений. В этом исследовании содержание пластидных пигментов в листе петрушки имеет однонаправленный тренд с концентрацией нитратов в поливной воде (таблица 4). Содержание хлорофилла «а» + хлорофилла «б» возрастало от самой низкой к самой высокой концентрации нитрата, а самое высокое – в растительных образцах из третьего (последнего) среза.

Ближайшее к оптимальному соотношение хлорофилл «а» / хлорофилл «б» (между 1,82 и 2,28) отмечено у образцов из всех четырех вариантов второго всхода.

Петрушка, выращенная в вариантах с высоким содержанием нитратов в оросительных водах, имеет выраженный тургор свежих и листьев, высокое содержание хлорофилла, что отражается и на абсолютном сухом веществе (эффект разбавления).

Данные этого исследования показывают, что концентрация загрязняющих веществ не превышала нормы безопасности санитарной продукции. Однако при управлении производством овощей необходимо учитывать не только содержание нитратов в почве, но и других примесей для оценки риска. Иригационная вода значительно влияет на питательные вещества (представляя риск для национальных механизмов регулирования).

### Выводы

Дифференциация между формируемыми вегетативными массами между вариантами видна в рас-

тительности. Суммарная облиственность растений трех вариантов на скосе с наибольшей нитратной нагрузкой (320,5 мг/л) больше, чем у первого среза (16,4 мг/л). Различия между вариантами очень выражены и проявляются в корневых массах. В укосном опыте варианты растений с наибольшей нитратной нагрузкой имеют почти в 6 раз большую корневую массу по сравнению с вариантом 1.

Первая отсечка первого варианта составляет 20,1 мг NO<sub>3</sub>/кг сырой массы. Вариант, орошаемый выраженной загрязненной водой - 1970,3 мг NO<sub>3</sub>/кг живой массы. В конце исследования нитраты в листе уменьшились в два раза по первому варианту, по второму - в восемь раз, по последнему варианту - в сто раз по третьему и четвертому.

Изменения содержания нитратов во всех вариантах тесно связаны с концентрацией общего сахара и выражают сходную тенденцию в содержании пластидных пигментов.

При поливной норме для поддержания относительной влажности воздуха 75% в зависимости от содержания нитратов в поливной воде в выходные опыты вносилось от 1,26 до 35,70 кг N/га.

### Литература

- [1] Шабышев, Н. В. Изменение pH почвы при внесении безводного аммиака в качестве удобрения / Н. В. Шабышев, Ю. В. Блинохватова, В. Н. Эркаев // Роль вузовской науки в решении проблем АПК : сборник статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Г.Б. Гальдина, Пенза, 24–25 октября 2018 года. Том I. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – С. 161-164. – EDN YOCXWH.
- [2] Влияние микроудобрений на основе хелатных комплексов на всхожесть семян / А. В. Нуштаева, Ю. В. Блинохватова, Т. А. Власова, Н. П. Чекаев // Нива Поволжья. – 2021. – № 1(58). – С. 17-22. – DOI 10.36461/NP.2021.58.1.009. – EDN TAQIPZ.
- [3] Накопления бобовыми культурами селена в зависимости от содержания его в почвах пензенской области / В. А. Вихрева, А. А. Блинохватов, Ю. В. Блинохватова, С. В. Зиновьев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 5(21). – С. 96-98. – EDN SYIUTF.
- [4] Куликова, Е. Г. Безопасность и качество пищевых продуктов, продовольственного сырья и кормов в условиях интенсивных технологий производства / Е. Г. Куликова, Ю. В. Блинохватова // Сурский вестник. – 2021. – № 1(13). – С. 15-18. – DOI 10.36461/2619-1202\_2021\_13\_01\_003. – EDN TACJMK.
- [5] Куликова, Е. Г. Агроэкологическая оценка динамики изменения содержания гумуса в почвах Пензенской области как показателя почвенного плодородия / Е. Г. Куликова, Ю. В. Блинохватова, А. А. Галиуллин // Сурский вестник. – 2021. – № 1(13). – С. 10-14.

### References

- [1] Shabyshev, N. V. Change in soil pH when anhydrous ammonia is applied as a fertilizer / N. V. Shabyshev, Yu. national) scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor G.B. Galdina, Penza, October 24–25, 2018. Volume I. – Penza: Penza State Agrarian University, 2018. – P. 161-164. – EDN YOCXWh.
- [2] Effect of microfertilizers based on chelate complexes on seed germination / A. V. Nushtaeva, Yu. V. Blinokhvatoва, T. A. Vlasova, N. P. Chekaev // Niva Povolzhya. – 2021. – No. 1 (58). – S. 17-22. – DOI 10.36461/NP.2021.58.1.009. – EDN TAQIPZ.
- [3] Vikhreva V. A., Blinokhvatoв A. A., Blinokhvatoва Yu. V., Zinoviev S. V. Accumulation of selenium by legumes depending on its content in the soils of the Penza region // XXI century: results of the past and problems of the present plus. – 2014. – No. 5(21). – S. 96-98. – EDN SYIUTF.
- [4] Kulikova, E. G. Safety and quality of food products, food raw materials and feeds under intensive production technologies / E. G. Kulikova, Yu. V. Blinokhvatoва // Sursky Bulletin. – 2021. – No. 1(13). – P. 15-18. – DOI 10.36461/2619-1202\_2021\_13\_01\_003. – EDN TACJMK.
- [5] Kulikova, E. G. Agroecological assessment of the dynamics of changes in the humus content in the soils of the Penza region as an indicator of soil fertility / E. G. Kulikova, Yu. V. Blinokhvatoва, A. A. Galiullin // Sursky Vestnik. – 2021. – No. 1(13). – P. 10-14. – DOI 10.36461/2619-1202\_2021\_13\_01\_002. – EDN HGIOFE.
- [6] E. G. Kulikova, Yu. V. Koryagin, A. A. Blinokhvatoв [et al.] Studying the influence of an object of

- DOI 10.36461/2619-1202\_2021\_13\_01\_002. – EDN HGIOFE.
- [6] Изучение влияния объекта техногенеза на почвенный покров прилегающих территорий / Е. Г. Куликова, Ю. В. Корягин, А. А. Блинохватов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 1(29). – С. 57-65. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-1-6. – EDN WFIOKH.
- [7] Власова, Т. А. Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в черноземных почвах / Т. А. Власова, Ю. В. Блинохватова // Сурский вестник. – 2020. – № 3(11). – С. 26-31. – EDN FBWWBP.
- [8] Власова, Т. А. Влияние бактериальных препаратов на фоне комплексных удобрений на качество зерна яровой пшеницы / Т. А. Власова, Ю. В. Блинохватова, А. В. Нуштаева // Сурский вестник. – 2022. – № 4(20). – С. 16-21. – DOI 10.36461/2619-1202\_2022\_04\_003. – EDN EZOZQL.
- [9] Власова, Т. А. Изменение агрохимических показателей почвы в результате длительного сельскохозяйственного использования / Т. А. Власова, Ю. В. Блинохватова // Сурский вестник. – 2021. – № 2(14). – С. 24-29. – DOI 10.36461/2619-1202\_2021\_02\_004. – EDN BDXXAZ.
- technogenesis on the soil cover of adjacent territories // Izvestiya vysshikh obuchennykh zavedenii. Volga region. Natural Sciences. - 2020. - No. 1 (29). - S. 57-65. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-1-6. – EDN WFIOKH.
- [7] Vlasova, T. A. The content of trace elements and heavy metals in chernozem soils / T. A. Vlasova, Yu. V. Blinohvatova // Sursky Bulletin. - 2020. - No. 3 (11). - S. 26-31. – EDN FBWWBP.
- [8] Vlasova, T. A., Blinokhvato, Yu. V., Nushtaeva, A. V. Effect of bacterial preparations against the background of complex fertilizers on the quality of spring wheat grain, Sursky Bulletin. - 2022. - No. 4(20). - S. 16-21. – DOI 10.36461/2619-1202\_2022\_04\_003. – EDN EZOZQL.
- [9] Vlasova, T. A. Changes in the agrochemical parameters of the soil as a result of long-term agricultural use / T. A. Vlasova, Yu. V. Blinohvatova // Sursky Bulletin. - 2021. - No. 2(14). - S. 24-29. – DOI 10.36461/2619-1202\_2021\_02\_004. – EDN BDXXAZ.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Блинохватов Антон Александрович</b><br>кандидат сельскохозяйственных наук<br>заведующий кафедрой «Пищевые производства»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br>технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br><b>E-mail:</b> bl-anton58@rambler.ru | <b>Blinokhvato Anton Alexandrovich</b><br>PhD in Agricultural Sciences<br>head of the department of «Food productions»<br>Penza State Technological University<br><b>E-mail:</b> bl-anton58@rambler.ru |
| <b>Симаков Данил Геннадьевич</b><br>магистрант кафедры «Пищевые производства»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br>технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11                                                                                      | <b>Simakov Danil Gennadievich</b><br>undergraduate of the department «Food productions»<br>Penza State Technological University                                                                        |

## Технологические показатели экструдированного ячменя

Гарькина П.К., Курочкин А.А., Сиркин В.П.

**Аннотация.** При производстве пива с заменой части солода на несоложенные зернопродукты необходима предварительная обработка зернопродуктов с целью подготовки основных биополимеров (крахмал, белки) к расщеплению с помощью ферментов солода. Для достижения цели применяют различные физические факторы воздействия. В настоящее время широко в пищевой промышленности применяется экструзионная обработка зернового сырья. При этом влияние оказывает продолжительность обработки, температура в экструдере, условия на выходе зернопродуктов из матрицы. В работе приведены результаты исследования продолжительности экструзионной обработки на качественные показатели ячменя, применяемого в пивоварении. Установлена модификация углеводного комплекса экструдированного ячменя. При этом снижается уровень содержания крахмала, повышается содержание декстринов, растворимых сахаров и уровень экстрактивности ячменя.

**Ключевые слова:** экструдированный ячмень, зернопродукты, солод, пиво.

**Для цитирования:** Гарькина П.К., Курочкин А.А., Сиркин В.П. Технологические показатели экструдированного ячменя // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 54–58.

## Technological indicators of extruded barley

Garkina P.K., Kurochkin A.A., Sirkin V.P.

**Abstract.** In the production of beer with the replacement of part of the malt with unsalted grain products, pretreatment of grain products is necessary in order to prepare the main biopolymers (starch, proteins) for cleavage using malt enzymes. Various physical factors of influence are used to achieve the goal. Currently, extrusion processing of grain raw materials is widely used in the food industry. At the same time, the duration of processing, the temperature in the extruder, the conditions at the exit of grain products from the matrix have an impact. The paper presents the results of a study of the duration of extrusion processing on the quality indicators of barley used in brewing. A modification of the carbohydrate complex of extruded barley has been established. At the same time, the level of starch content decreases, the content of dextrans, soluble sugars and the level of extractivity of barley increases.

**Keywords:** extruded barley, grain products, malt, beer.

**For citation:** Garkina P.K., Kurochkin A.A., Sirkin V.P. Technological indicators of extruded barley. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 54–58. (In Russ.).

### Введение

В последние десятилетия появился отчетливый тренд в сторону здорового образа жизни и здорового питания. Роспотребнадзор в рамках проекта «Здоровое питание» представил результаты исследования питания россиян. Установлено, что 79% респондентов положительно относятся к здоровому питанию [1]. Снижается потребление крепких алкогольных напитков в России [2]. В приоритете слабоалкогольные напитки, пиво [3].

Разработка перспективных видов напитка с использованием нетрадиционных сырьевых ресурсов и расширение ассортимента продукции с улучшенными показателями качества является перспективным и актуальным направлением развития пивоваренной промышленности Российской Федерации. В технологии пива и пивных напитков применяют, наряду с ячменным, пшеничным пивоваренным солодом, несоложеное сырье. Для этого используют ячмень пивоваренный, пшеницу, крупку пшенич-

ную дробленую, крупу рисовую, крупу кукурузную и продукты переработки солода и зернопродуктов.

Среди способов физических воздействий на зерновое сырье достаточно эффективной является экструзионная обработка, обуславливающая изменение структуры белковых молекул и крахмальных зерен, что способствует совершенствованию технологического процесса, расширению ассортимента и повышению качества готовой продукции.

Применение продуктов экструдирования осуществляется, практически, во всех отраслях пищевой промышленности. Продукты экструдирования применяют в виде муки с целью обогащения продуктов питания хлебобулочных [4], мучные кондитерские изделия [5], мясные кулинарные изделия и мясопродукты [6], а также создание новых зерновых продуктов с различными добавками (сухие завтраки) [7,8].

Интенсивность модификации биополимеров зерна и разрыхление эндосперма зависит, наряду с технологическими и конструктивными параметрами экструдера, от продолжительности экструзионного воздействия [9].

Целью исследования является оценка влияния продолжительности термовакуумной обработки ячменя на технологические показатели.

#### Объекты и методы исследований

Солод пивоваренный ячменный светлый (ГОСТ 29294-2021), ячмень (ГОСТ 5060-2021), экструдированный ячмень, полученный по специальной технологии (патент РФ № 2460315), пивное сусло, сухие пивные дрожжи Saflager расы W-34/70 (Fermentis, Франция), молодое пиво, готовое пиво.

При выполнении работы были использованы общепринятые методы исследований.

Исследовано влияние продолжительности экструзионной обработки на показатели качества ячменя. В качестве контроля служило необработанное зерно – образец 1, образец 2 – зерно обработано в течение 10 с, образец 3 – в течение 12 с, образец 4 – в течение 15 с, 5 – в течение 20 с.

#### Результаты и их обсуждение

Выбор ячменя обусловлен специфическим химическим составом, технологическими и функциональными свойствами. Обработку ячменя осуществляли при следующих условиях. Зону пластификации обрабатываемое зерно проходило при температуре 110...115°C в течение 10...20 с. Диаметр выходного отверстия матрицы – 8 мм. На выходе на зерно воздействовали пониженным давлением, равным 0,05 МПа.

Значимым компонентом зернового сырья при производстве пивного сусла, оказывающим решающее воздействие на технологический процесс, и, следовательно, на качество готового продукта, является крахмал. Реализация мероприятий по получению продукции высокого качества заключается в эффективной предварительной подготовке перед затиранием зернопродуктов зерен крахмала и молекул белки к биотрансформации.

Наиболее важным процессом при этом является предварительная клейстеризация крахмала. В этом случае биохимическое воздействие ферментов солода на биополимеры несоложенных зернопродуктов, в первую очередь, на крахмальные зерна, окажется более эффективным. Предварительная подготовка несоложенных зернопродуктов возможна путем экструзионной обработки.

На рисунке 1 приведены результаты исследования влияния продолжительности экструзионной обработки на содержание крахмала в экструдированном зерне.

Установлено снижение уровня содержания крахмала при увеличении продолжительности экструзионной обработки ячменя. Обработка зерна в течение 10, 12 и 15 с способствовала снижению содержания крахмала в зерне на 1,6 %, 4,7 % и 6,3 %, соответственно, в сравнении с контрольным образцом. Обработка зерна в течение 20 с не привела к дальнейшему снижению содержания крахмала. Очевидно, снижение уровня содержания крахмала в зерне обусловлено деструкцией его гранул под влиянием термовакуумной экструзии. Механизм снижения количества крахмала может быть объ-

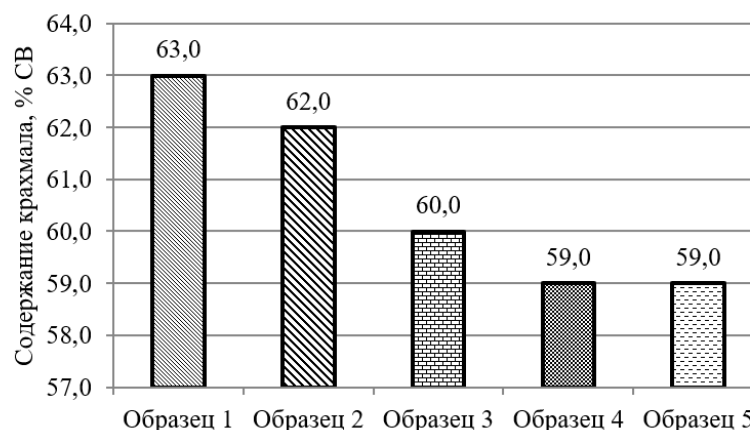


Рис. 1. Влияние продолжительности экструзионной обработки на содержание крахмала в зерне ячменя

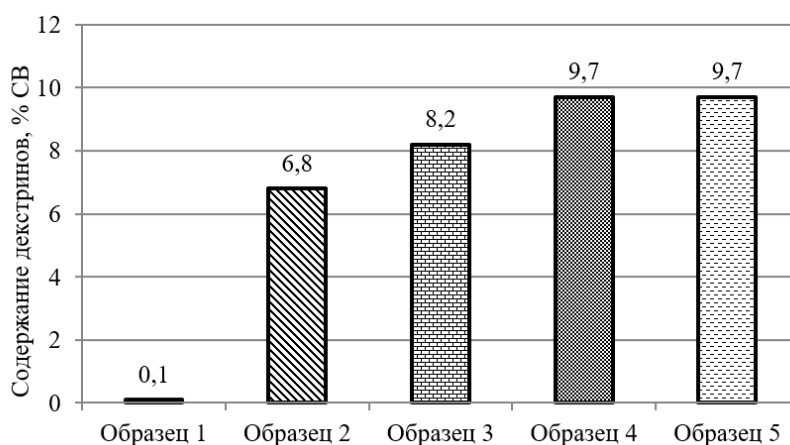


Рис. 2. Влияние продолжительности экструзионной обработки на содержание декстринов в зерне ячменя

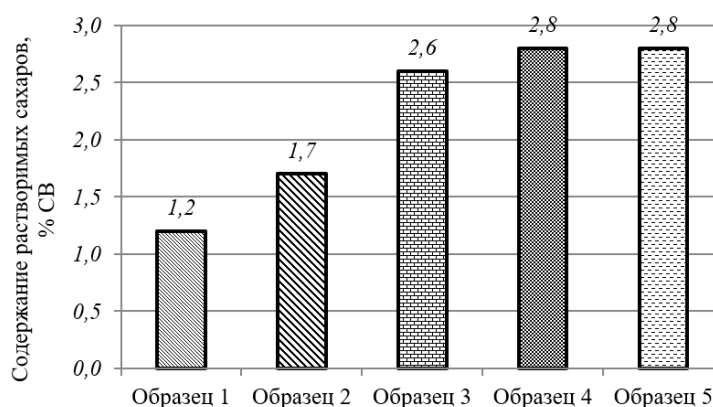


Рис. 3. Влияние продолжительности экструзионной обработки на содержание растворимых сахаров в экструдате ячменя

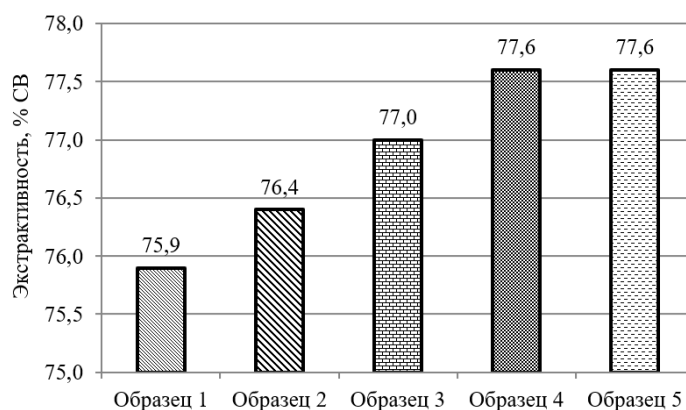


Рис. 4. Влияние продолжительности экструзионной обработки на уровень экстрактивности ячменя

яснен расщеплением амилозы и амилопектина в процессе декомпрессии. Деструкция крахмала подтверждается повышением содержания декстринов в опытных образцах. О повышении содержания декстринов свидетельствуют данные, приведенные на рисунке 2.

Установлено повышение уровня декстринов в экструдированном ячмене при продолжительности от 10 до 15 с. При воздействии экструзионной обработки в течение 20 сек уровень декстринов оставался на том же уровне.

Ранее авторами показано, что декстринизация крахмала обуславливает уменьшение плотности экструдированного материала и образование микропористой структуры [10].

На рисунке 3 приведены результаты влияния продолжительности экструзионной обработки на содержание растворимых сахаров.

Экструзионная обработка зернового сырья в течение 10, 12, 15 с обусловила повышение содержания растворимых сахаров в 1,4, 2,2 и в 2,3 раза, соответственно. Продолжительность экструзион-

ной обработки в течение 20 с оказало одинаковое влияние на повышение растворимых сахаров в зерне, как и при воздействии в течение 15 с.

К важнейшим технологическим показателям несоложенных зернопродуктов относится экстрактивность, характеризующая количество веществ, готовых к растворению и переходу в раствор при затирании. Уровень экстрактивности зависит от содержания крахмала, некрахмальных полисахаридов, белковых веществ, редуцирующих и других веществ.

На рисунке 4 приведены результаты влияния продолжительности экструзионной обработки зерна на выход экстрактивных веществ.

Результаты исследования зависимости экстрактивности экструдированного зерна от продолжительности экструзионной обработки свидетельствуют о повышении выхода экстрактивных веществ в раствор. Так, продолжительность обработки зернового сырья в течение 10 с привела к незначительному росту экстрактивности на 0,7 %.

Обработка в течение 12 с способствовала повышению экстрактивности в сравнении с контрольным вариантом на 1,4 %. Продолжительность обработки зерна в течение 15 и 20 с оказала одинаковое влияние на уровень экстрактивности. Экстрактивность в этом случае повысилась в сравнении с контрольным образцом на 2,2 %.

### Выводы

На основании полученных результатов исследования установлено влияние продолжительности экструзионной обработки на модификацию углеводного комплекса экструдированного ячменя. Продолжительность обработки от 10 до 20 с способствовала снижению содержания крахмала. Следует считать наиболее эффективной продолжительностью обработки ячменя 15 с. При этом повышалось содержание декстринов, растворимых сахаров и повышался уровень экстрактивности экструдированного зернового сырья.

### Литература

- [1] Роспотребнадзор: 79% россиян выбирают здоровое питание/ [https://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news\\_details.php?ELEMENT\\_ID=23604](https://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=23604)
- [2] О проведении сессии «Вызовы и тренды здорового питания» на ПМЭФ-2022/ [https://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news\\_details.php?ELEMENT\\_ID=21909&sphrase\\_id=4692335](https://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=21909&sphrase_id=4692335)
- [3] Шматова Ю. Е. Экономическая и статистическая оценка проблемы алкогольной зависимости в России (региональный аспект) // Society and Security Insights. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-i-statisticheskaya-otsenka-problemy-alkogolnoy-zavisimosti-v-rossii-regionalnyy-aspekt> (дата обращения: 04.05.2023).
- [4] Влияние обогащенного экструдата кукурузы на реологические свойства мякиша хлеба / Х. А. Балуйян, В. В. Мартиросян, В. Д. Малкина, Е. В. Жиркова // Хлебопечение России. – 2017. – № 4. – С. 30-34.
- [5] Янова, М. А. Текстурированные зерновые продукты – перспективное сырье для хлебопекарной и кондитерской промышленности / М. А. Янова, Ю. Ф. Росляков // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – № S9. – С. 164-172.
- [6] Патент № 2744867 C1 Российская Федерация, МПК A22C 11/00, A23L 13/60, A23L 13/40. Способ производства вареных колбасных изделий : № 2020119845: заявл. 08.06.2020 : опубл. 16.03.2021 / М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, Ю. Д. Данилов [и др.]; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»,

### References

- [1] Rospotrebnadzor: 79% of Russians choose a healthy diet/ [https://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news\\_details.php?ELEMENT\\_ID=23604](https://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=23604)
- [2] About the session «Challenges and trends of healthy nutrition» at SPIEF-2022/ [https://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news\\_details.php?ELEMENT\\_ID=21909&sphrase\\_id=4692335](https://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=21909&sphrase_id=4692335)
- [3] Shmatova Yu. E. Economic and statistical assessment of the problem of alcohol dependence in Russia (regional aspect) // Society and Security Insights. 2019. No.3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-i-statisticheskaya-otsenka-problemy-alkogolnoy-zavisimosti-v-rossii-regionalnyy-aspekt> (date of circulation: 04.05.2023).
- [4] The influence of enriched corn extrudate on the rheological properties of bread crumb / H. A. Baluyan, V. V. Martirosyan, V. D. Malkina, E. V. Zhirkova // Bakery of Russia. – 2017. – No. 4. – pp. 30-34.
- [5] Yanova, M. A. Textured grain products promising raw materials for the bakery and confectionery industry / M. A. Yanova, Yu. F. Roslyakov // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2019. – No. S9. – pp. 164-172.
- [6] Patent No. 2744867 C1 Russian Federation, IPC A22C 11/00, A23L 13/60, A23L 13/40. Method of production of boiled sausage products : No. 2020119845: application 08.06.2020 : publ. 16.03.2021 / M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, Yu. D. Danilov [et al.]; Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products», Federal State Educational Institution of Higher Education «Volograd State Technical University».

- Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет».
- [7] Шариков А.Ю. Разработка концепции производства снеков из пшеницы с элиминацией глютена биокаталитическим методом/ А. Ю. Шариков, Е. Н. Соколова, М. В. Амелякина, Т. В. Юраскина, В. В. Иванов, Е. М. Серба // Вестник ВГУИТ. 2020. №4 (86). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-kontseptsii-proizvodstva-snekov-iz-pshenitsy-s-eliminitsiy-glyutena-biokataliticheskim-metodom> (дата обращения: 04.05.2023).
- [8] Касьянов Г. И. Инновации в технологии производства сухих завтраков/ Г.И. Касьянов, Е. А. Ольховатов, К. Ш. Сакибаев // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 130. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-tehnologii-proizvodstva-suhih-zavtrakov> (дата обращения: 04.05.2023).
- [9] Lunwen, L. Study on Saccharification Technology of Added Enzyme in Bear Brewing Using Extruded Auxiliary Materials/ L. Lunwen//International Conference on Biological and Biomedical Sciences «Advances in Biomedical Engineering», 2012. – Vol. 9. – P. 190-195
- [10] Курочкин, А.А. Научные основы термовакuumной экструзии растительного сырья: монография / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, Г.В. Шабурова и др. – Уралск: Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана. – 2019. – 205 с.
- [7] Sharikov A.Yu. Development of the concept of production of snacks from wheat with gluten elimination by the biocatalytic method/ A. Yu. Sharikov, E. N. Sokolova, M. V. Amelyakina, T. V. Yuraskina, V. V. Ivanov, E. M. Serba // Vestnik VGUIT. 2020. №4 (86). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-kontseptsii-proizvodstva-snekov-iz-pshenitsy-s-eliminitsiy-glyutena-biokataliticheskim-metodom> (date of application: 04.05.2023).
- [8] Kasyanov G. I. Innovations in the technology of production of breakfast cereals/ G.I. Kasyanov, E. A. Olkhovатов, K. S. Sakibaev // Scientific journal of KubGAU. – 2017. – No. 130. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-tehnologii-proizvodstva-suhih-zavtrakov> (accessed: 05/04/2023).
- [9] Lunwen, L. Study on Saccharification Technology of Added Enzyme in Bear Brewing Using Extracted Auxiliary Materials/ L. Lunwen//International Conference on Biological and Biomedical Sciences «Advances in Biomedical Engineering», 2012. – Vol. 9. – P. 190-195
- [10] Kurochkin, A.A. Scientific foundations of thermal vacuum extrusion of vegetable raw materials: monograph / A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, G.V. Shaburova, etc. – Uralsk: West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan. – 2019. – 205 p.

#### Сведения об авторах

#### Information about the authors

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Гарькина Полина Константиновна</b><br/>кандидат технических наук<br/>доцент кафедры «Пищевые производства»<br/>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»<br/>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br/>Тел.: +7(927) 094-79-49<br/>E-mail: worolina89@mail.ru</p>   | <p><b>Garkina Polina Konstantinovna</b><br/>PhD in Technical Sciences<br/>associate professor at the department of «Food productions»<br/>Penza State Technological University<br/>Phone: +7(927) 094-79-49<br/>E-mail: worolina89@mail.ru</p> |
| <p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b><br/>доктор технических наук<br/>профессор кафедры «Пищевые производства»<br/>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»<br/>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br/>Тел.: +7(927) 382-85-03<br/>E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p> | <p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b><br/>D.Sc. in Technical Sciences<br/>professor at the department of «Food productions»<br/>Penza State Technological University<br/>Phone: +7(927) 382-85-03<br/>E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>      |
| <p><b>Сиркин Владислав Петрович</b><br/>студент кафедры «Пищевые производства»<br/>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»<br/>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>                                                                                                | <p><b>Sirkin Vladislav Petrovich</b><br/>student of the department «Food productions»<br/>Penza State Technological University</p>                                                                                                             |

## Проблемы при моделировании процессов увлажнения зернового сырья

*Димова А.П., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** В статье рассмотрен обзор различных способов и технологий применяемых при моделировании процессов, происходящих во время гидратации (увлажнения) зернового сырья и бобовых. Представлены основные модели, используемые при моделировании процессов массопереноса в твердых телах. Рассмотрены способы моделирования, применяемые различными авторами и описаны структура и состояние материала и их физические свойства.

**Ключевые слова:** гидратация, моделирование, физические модели, структура, зерно, бобовые.

**Для цитирования:** Димова А.П., Фролов Д.И. Проблемы при моделировании процессов увлажнения зернового сырья // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 59–63.

## Problems in modeling the processes of moistening of grain raw materials

*Dimova A.P., Frolov D.I.*

**Abstract.** The article considers an overview of various methods and technologies used in modeling the processes occurring during the hydration (moisturizing) of grain raw materials and legumes. The main models used in modeling mass transfer processes in solids are presented. The modeling methods used by various authors are considered and the structure and state of the material and their physical properties are described.

**Keywords:** hydration, modeling, physical models, structure, grain, legumes.

**For citation:** Dimova A.P., Frolov D.I. Problems in modeling the processes of moistening of grain raw materials. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 59–63. (In Russ.).

### Введение

В отличие от сушки, гидратация представляет собой процесс увеличения содержания воды в материале. Эта операция является важным этапом в нескольких процессах, связанных с зерновыми (зерновыми и бобовыми), которые обычно собирают всухую. Замачивание оказывает положительное влияние на физико-химические и питательные свойства зерна и требуется для последующих промышленных операций, таких как варка, экстракция, ферментация, проращивание и соложение. Например, гидратация помогает сократить время приготовления зерна (например, бобов и риса) и способствует однородной желатинизации крахмала и денатурации белков во время приготовления, а также улучшает инактивацию антипитательных факторов [9]. С точки зрения явлений переноса гидратация представляет собой процесс массопереноса, обусловленный различной активностью воды и зависящий от структуры и состояния материала. В

целом зерна представляют собой сложную и неоднородную структуру с различными тканями и компонентами, поэтому диффузия может быть не единственным механизмом транспорта воды. Например, капиллярное течение через поры и каналы играет важную роль при гидратации [9]. Кроме того, при рассмотрении материалов, богатых крахмалом, диффузию можно разделить на три категории в зависимости от значения  $n$  в соотношении:

$$X_w \propto t^n, \quad (1)$$

где  $X_w$  - доля воды, захваченная твердой матрицей,  $t$  - время диффузии [13]:

- 1)  $n = 0,5$ , диффузия Фика в эластичном состоянии;
- 2)  $n > 1$ , диффузия в стеклообразном состоянии;
- 3)  $0,5 < n < 1$ , нефиковская диффузия вблизи стеклования.

Поглощение воды приводит к значительному расширению материала, т. е. набуханию [6]. Это явление возникает в микромасштабе из-за включе-

ния воды в микроструктуру зерен, образованную биополимерами, такими как белки и крахмал, и макроскопически наблюдается по изменениям объема и формы зерен вместе с изменениями текстуры (размягчение). В то же время набухание биополимеров может влиять на транспорт воды из-за изменения механического поведения. В связи с этим при проведении гидратации при высоких температурах (>50-60°C) может происходить клейстеризация крахмала и денатурация белков, что усложняет процесс [13]. Из-за его промышленной значимости важно моделировать гидратацию зерна, чтобы лучше проектировать, оптимизировать и контролировать процесс. В этом смысле применялись различные подходы к рассмотрению явления набухания.

Во-первых, рассмотрим эмпирические модели, направленные на прогнозирование эволюции общего набухания зерен в процессе гидратации. Например, эмпирические соотношения, обычно используемые для прогнозирования поглощения воды во время замачивания, применялись для отслеживания изменений размеров зерна [20]. Были протестированы два соотношения для моделирования расширения зерен риса во время приготовления с избытком воды в зависимости от времени, например, экспоненциальное уравнение и модель степенного типа для прогнозирования относительного расширения из-за количества поглощенной воды. Авторы обнаружили, что набухание было неравномерным, т. е. большее расширение было зарегистрировано в латеральном направлении по сравнению с продольным направлением, и сообщили, что большее расширение наблюдалось у сортов риса с высоким содержанием амилозы. То есть набухание не было изотропным и зависело от особенностей строения рисовых зерен. Точно так же авторы [7] оценили пять моделей, чтобы соответствовать коэффициенту расширения рисовых зерен в зависимости от времени замачивания при различных температурах (25-70 °C): уравнение Пелега, решение уравнения диффузии (экспоненциальная функция), модель Вейбулла и два различных сигмоидальных уравнения. В целом во всех случаях были получены хорошие результаты подгонки, но модели лишены физического смысла, а параметры зависят от конкретных экспериментальных условий.

С другой стороны, авторы [17] использовали два подхода для моделирования линейного (длина, ширина и толщина) и объемного расширения семян нута в зависимости от поглощения воды при замачивании при различных температурах (20-100 °C). Первый подход был основан на экспериментальной корреляции между изменением объема и водопоглощением нута при замачивании, выраженной следующим образом:

$$V - V_0 = \lambda \frac{(M - M_0)}{\rho_w} \quad (2)$$

где  $V$  - объем нута в момент времени  $t$ ;

$V_0$  - первоначальный объем;

$M$  - вес нута в момент времени  $t$ ;

$M_0$  - первоначальный вес;

$\rho_w$  - плотность воды,

$\lambda$  — коэффициент объемного расширения.

Если  $\lambda = 1$ , увеличение объема равно объему

поглощенной воды, т. е. предположение об идеальном набухании или объемной аддитивности (аналогично рассмотренной выше идеальной или свободной усадке). Однако все найденные значения были меньше 1, например, 0,73-0,95 для разных температур.

Второй подход заключался в решении уравнений:

$$\varepsilon = \varepsilon_{cl} + \varepsilon_M \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  - общая деформация;

$\varepsilon_{cl}$  - механическая или упругая деформация;

$\varepsilon_M$  - деформация усадки или влажности.

$$\varepsilon_M = \beta (X - X_0) \quad (4)$$

где  $\beta$  - коэффициент объемной усадки;

$X$  - градиент содержания воды;

$X_0$  - начальное содержание воды.

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial X} \quad (5)$$

где  $V$  - объем образца.

В этом случае различные значения коэффициента расширения были получены при использовании объема, длины, ширины и толщины нута, что указывает на анизотропное набухание. Кроме того, исследователи [17] проанализировали изменение различных коэффициентов расширения с температурой. В целом все коэффициенты линейно уменьшались в диапазоне 20-50°C, а затем оставались постоянными в диапазоне 70-100°C. Авторы указали, что клейстеризация крахмала, происходящая при температуре около 60 °C, может объяснить такое поведение при набухании нута.

Во-вторых, мы суммируем физические и гибридные модели, применяемые для прогнозирования набухания зерен. Принимая во внимание структуру макромасштаба, некоторые исследователи применили формулировку, подобную той, что описана авторами [1] для моделирования сопряженного переноса воды и малой деформации при обезвоживании, т.е. уравнения 3-5. Например, авторы [14] использовали реалистичную трехмерную геометрию риса, полученную из томографических изображений, для имитации гигроскопического набухания во время замачивания при различных температурах. Закон Гука (линейная упругость)

использовался для моделирования упругой деформации материала, а закон Фика - для описания переноса воды. Авторы стремились лучше понять развитие внутренних напряжений вследствие набухания, приводящего к растрескиванию и поломке зерен при замачивании [15]. С помощью предложенной модели можно было бы оптимизировать процесс замачивания, чтобы избежать поломки, что может привести к потере текстуры и, следовательно, качества риса. Аналогичная формула также использовалась для моделирования поглощения воды желтым горохом на этапе замачивания процесса соложения с целью выбора оптимальных температурно-временных условий на этом критическом этапе [8]. В этом случае предполагалось, что горох остается сферическим при гидратации (равномерном расширении) и ведет себя как упругий материал, т. е. для зависимости напряжения от деформации использовался закон Гука. Сообщалось, что в другом примере с использованием упомянутого состава моделируется поглощение воды и гигроскопическое набухание лущеных зерен ячменя во время приготовления консервированной каши [19]. Снова предполагалось линейное упругое поведение, но механические свойства рассматривались как функции температуры стеклования. Как упоминалось выше, эти модели не использовали основу большой деформации, а рассматривали малую деформацию зерен.

Другие исследователи применили более сложные концепции и подходы к моделированию и лучшему пониманию набухания материалов. Например, двухмасштабная термомеханическая теория для ненасыщенного набухающего пористого материала была разработана с учетом большой деформации и вязкоупругого поведения твердой матрицы [21]. Затем эта теория была применена к модели варки макаронных изделий, т. е. замачивания при температуре кипения [22]. Другой интересный подход был разработан авторами [18]: новый метод решетки-Больцмана с деформирующей решеткой был использован для моделирования одномерного набухания гелеобразных материалов; модель предполагала, что изменения объема происходят только из-за потери/притока воды. Автор стремился предоставить адекватное описание набухания материала клеточной стенки для дальнейшего развития многомасштабной модели моделирования гидратации пористых пищевых продуктов. Кроме того, хорошее введение в метод Решетки-Больцмана дано в статье [18]. Последний пример этих сложных подходов, основанных на физике, включает использование перспективы мягкого конденсированного вещества для моделирования кинетики гидратации фасоли темно-синего цвета [5]. Уравнение Флори-Хаггинса использовали для описания осмотического давления, создаваемого смесью полимер-растворитель (т.е. белок-вода), а набухание моделировали как задачу с подвижной границей, предполагая объемную аддитивность. Стоит отметить, что последние два

примера можно рассматривать в данной работе как гибридные модели, поскольку изменение объема не описывалось с помощью механической модели. Тем не менее, мы считаем, что эти передовые концепции и рамки, которые в основном применяются в других областях, могут стать источником вдохновения для разработки физических моделей в пищевой промышленности.

Гибридные модели набухания зерен в целом широко стали использоваться в последнее время. Например, в следующих примерах предполагался перенос воды по закону Фика с использованием эффективного коэффициента диффузии влаги, а изменение объема моделировалось упрощенным способом без механической формулировки. Авторы предложили решать моделирование изменения объема. Для случая кипячения риса с избытком воды предложили эмпирическую линейную зависимость между размерами и содержанием влаги в зерне [2]. Это соотношение использовалось для обновления области моделирования на каждом временном шаге в соответствии с водопоглощением. Аналогичное решение было использовано в статьях [10], хотя эмпирическая связь включала радиус сферы и время гидратации. В этом смысле авторы [16] предложили физически последовательное простое выражение для изменения среднего диаметра зерна в зависимости от времени выдержки, учитывая значения в начальное и равновесное время гидратации. С другой стороны, предполагалось, что равномерное набухание и объемная аддитивность создают уравнение для изменения радиуса сферы со временем для моделирования замачивания риса [6, 3]. Аналогичные предположения были сделаны в статье [4] чтобы связать системы Эйлера и Лагранжа для расчета скорости твердого тела из-за набухания. Исследователи [12] также использовали баланс массы для получения дифференциального уравнения для изменения радиуса во времени, но они включали выражение диффузионного потока, оцененного на поверхности, чтобы учесть все накопление массы внутри зерна.

## Выводы

Таким образом, существуют некоторые проблемы, которые необходимо заполнить в моделировании увлажнения зерна, особенно при рассмотрении моделей, основанных на физике в макромасштабе. Необходимы дополнительные исследования с учетом следующих аспектов: анализ больших деформаций и нелинейные механические модели; неидеальное и анизотропное или неравномерное набухание; влияние стеклования и состава на механические свойства зерен. Стоит напомнить о важности разработки точных моделей для лучшего проектирования и оптимизации этого процесса, поскольку он применяется к основным продуктам питания, таким как рис, и продуктам, богатым растительным белком, таким как бобовые.

## Литература

- [1] Aregawi W. A. et al. Modeling of coupled water transport and large deformation during dehydration of apple tissue //Food and Bioprocess Technology. – 2013. – Т. 6. – С. 1963-1978.
- [2] Bakalis S. et al. Modeling of rice hydration using finite elements //Journal of Food Engineering. – 2009. – Т. 94. – №. 3-4. – С. 321-325.
- [3] Bello M. et al. Modeling water uptake in a cereal grain during soaking //Journal of Food Engineering. – 2010. – Т. 97. – №. 1. – С. 95-100.
- [4] Briffaz A. et al. Modelling of water transport and swelling associated with starch gelatinization during rice cooking //Journal of food engineering. – 2014. – Т. 121. – С. 143-151.
- [5] Chapwanya M., Misra N. N. A soft condensed matter approach towards mathematical modelling of mass transport and swelling in food grains //Journal of Food Engineering. – 2015. – Т. 145. – С. 37-44.
- [6] Dutta A. et al. Numerical modeling of water uptake in white rice (*Oryza sativa* L.) using variable diffusivity approach //Biosystems Engineering. – 2020. – Т. 191. – С. 116-128.
- [7] Hu Z. et al. Kinetics of water absorption expansion of rice during soaking at different temperatures and correlation analysis upon the influential factors //Food Chemistry. – 2021. – Т. 346. – С. 128912.
- [8] Mercier S. et al. Modeling of the water absorption during the steeping of yellow peas //Food and Bioproducts Processing. – 2015. – Т. 94. – С. 20-28.
- [9] Miano A. C., Augusto P. E. D. The hydration of grains: A critical review from description of phenomena to process improvements //Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2018. – Т. 17. – №. 2. – С. 352-370.
- [10] Nicolin D. J. et al. Hsu model analysis considering grain volume variation during soybean hydration // Journal of food engineering. – 2012. – Т. 111. – №. 3. – С. 496-504.
- [11] Nicolin D. J., Jorge R. M. M., Jorge L. M. M. Evaluation of distributed parameters mathematical models applied to grain hydration with volume change //Heat and Mass Transfer. – 2015. – Т. 51. – С. 107-116.
- [12] Nicolin D. J., Jorge R. M. M., Jorge L. M. M. Moving boundary modeling of conventional and transgenic soybean hydration: Moisture profile and moving front experimental validation //International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2015. – Т. 90. – С. 568-577.
- [13] Ozturk O. K., Takhar P. S. Water transport in starchy foods: Experimental and mathematical aspects //Trends in Food Science & Technology. – 2018. – Т. 78. – С. 11-24.
- [14] Perez J. H., Tanaka F., Uchino T. Comparative 3D simulation on water absorption and hygroscopic swelling in japonica rice grains under various isothermal soaking conditions //Food Research International. – 2011. – Т. 44. – №. 9. – С. 2615-2623.
- [15] Perez J. H., Tanaka F., Uchino T. Modeling of mass transfer and initiation of hygroscopically induced

## References

- [1] Aregawi W. A. et al. Modeling of coupled water transport and large deformation during dehydration of apple tissue //Food and Bioprocess Technology. - 2013. - Т. 6. - pp. 1963-1978.
- [2] Bakalis S. et al. Modeling of rice hydration using finite elements // Journal of Food Engineering. - 2009. - Т. 94. - No. 3-4. - pp. 321-325.
- [3] Bello M. et al. Modeling water uptake in a cereal grain during soaking // Journal of Food Engineering. - 2010. - Т. 97. - No. 1. - pp. 95-100.
- [4] Briffaz A. et al. Modeling of water transport and swelling associated with starch gelatinization during rice cooking // Journal of food engineering. - 2014. - Т. 121. - pp. 143-151.
- [5] Chapwanya M., Misra N. N. A soft condensed matter approach towards mathematical modeling of mass transport and swelling in food grains // Journal of Food Engineering. - 2015. - Т. 145. - pp. 37-44.
- [6] Dutta A. et al. Numerical modeling of water uptake in white rice (*Oryza sativa* L.) using variable diffusivity approach //Biosystems Engineering. - 2020. - Т. 191. - pp. 116-128.
- [7] Hu Z. et al. Kinetics of water absorption expansion of rice during soaking at different temperatures and correlation analysis upon the influential factors //Food Chemistry. - 2021. - Т. 346. - p. 128912.
- [8] Mercier S. et al. Modeling of the water absorption during the steeping of yellow peas //Food and Bioproducts Processing. - 2015. - Т. 94. - pp. 20-28.
- [9] Miano A. C., Augusto P. E. D. The hydration of grains: A critical review from description of phenomena to process improvements // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. - 2018. - Т. 17. - No. 2. - pp. 352-370.
- [10] Nicolin D. J. et al. Hsu model analysis considering grain volume variation during soybean hydration // Journal of food engineering. - 2012. - Т. 111. - No. 3. - pp. 496-504.
- [11] Nicolin D. J., Jorge R. M. M., Jorge L. M. M. Evaluation of distributed parameters mathematical models applied to grain hydration with volume change //Heat and Mass Transfer. - 2015. - Т. 51. - pp. 107-116.
- [12] Nicolin D. J., Jorge R. M. M., Jorge L. M. M. Moving boundary modeling of conventional and transgenic soybean hydration: Moisture profile and moving front experimental validation // International Journal of Heat and Mass Transfer. - 2015. - Т. 90. - pp. 568-577.
- [13] Ozturk O. K., Takhar P. S. Water transport in starchy foods: Experimental and mathematical aspects //Trends in Food Science & Technology. - 2018. - Т. 78. - pp. 11-24.
- [14] Perez J. H., Tanaka F., Uchino T. Comparative 3D simulation on water absorption and hygroscopic swelling in japonica rice grains under various isothermal soaking conditions //Food Research International. - 2011. - Т. 44. - No. 9. - pp. 2615-2623.
- [15] Perez J. H., Tanaka F., Uchino T. Modeling of mass transfer and initiation of hygroscopically induced

- cracks in rice grains in a thermally controlled soaking condition: with dependency of diffusion coefficient to moisture content and temperature—a 3D finite element approach //Journal of Food Engineering. – 2012. – Т. 111. – №. 3. – С. 519-527.
- [16] Pramiu P. V. et al. Modeling grains hydration considering volumetric variations of spherical and elliptical geometries //Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Т. 166. – С. 105007.
- [17] Sayar S., Turhan M., Koksel H. Expansion in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed during soaking and cooking // International agrophysics. – 2016. – Т. 30. – №. 1.
- [18] Van der Sman R. G. M. Moisture transport during cooking of meat: An analysis based on Flory–Rehner theory //Meat science. – 2007. – Т. 76. – №. 4. – С. 730-738.
- [19] Wang L. et al. Numerical simulation of water absorption and swelling in dehulled barley grains during canned porridge cooking //Processes. – 2018. – Т. 6. – №. 11. – С. 230.
- [20] Yadav B. K., Jindal V. K. Dimensional changes in milled rice (*Oryza sativa* L.) kernel during cooking in relation to its physicochemical properties by image analysis //Journal of Food Engineering. – 2007. – Т. 81. – №. 4. – С. 710-720.
- [21] Zhu H. et al. A model for flow and deformation in unsaturated swelling porous media //Transport in porous media. – 2010. – Т. 84. – С. 335-369.
- [22] Zhu H., Mukherjee S., Dhall A. A finite element analysis of coupling between water absorption and swelling of foodstuffs during soaking //Transport in porous media. – 2011. – Т. 88. – С. 399-419.
- cracks in rice grains in a thermally controlled soaking condition: with dependency of diffusion coefficient to moisture content and temperature—a 3D finite element approach //Journal of food engineering. - 2012. - Т. 111. - No. 3. - pp. 519-527.
- [16] Pramiu P. V. et al. Modeling grains hydration considering volumetric variations of spherical and elliptical geometries //Computers and Electronics in Agriculture. - 2019. - Т. 166. - p. 105007.
- [17] Sayar S., Turhan M., Koksel H. Expansion in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed during soaking and cooking // International agrophysics. - 2016. - Т. 30. - No. 1.
- [18] Van der Sman R. G. M. Moisture transport during cooking of meat: An analysis based on Flory–Rehner theory // Meat science. - 2007. - Т. 76. - No. 4. - pp. 730-738.
- [19] Wang L. et al. Numerical simulation of water absorption and swelling in dehulled barley grains during canned porridge cooking //Processes. - 2018. - Т. 6. - No. 11. - pp. 230.
- [20] Yadav B. K., Jindal V. K. Dimensional changes in milled rice (*Oryza sativa* L.) kernel during cooking in relation to its physicochemical properties by image analysis // Journal of Food Engineering. - 2007. - Т. 81. - No. 4. - pp. 710-720.
- [21] Zhu H. et al. A model for flow and deformation in unsaturated swelling porous media //Transport in porous media. - 2010. - Т. 84. - pp. 335-369.
- [22] Zhu H., Mukherjee S., Dhall A. A finite element analysis of coupling between water absorption and swelling of foodstuffs during soaking //Transport in porous media. - 2011. - Т. 88. - pp. 399-419.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

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

## Поликомпонентный экструдат на основе семян перца

*Курочкин А.А., Долгов М.В.*

**Аннотация.** В работе обоснована актуальность вовлечения в хозяйственный оборот вторичного сырья, получаемого при переработке сладкого перца. Показано, что семена перца имеют значительный потенциал использования в хлебопекарном производстве как источник пищевых добавок, позволяющий обогащать хлеб и хлебобулочные изделия белком, пищевыми волокнами и биологически активными веществами. На основе анализа ранее выполненных работ, приведены аргументы в пользу технологического решения, в котором полезные ингредиенты семян перца используются в составе поликомпонентного экструдата, получаемого путем обработки смеси этих семян с зерном пшеницы. Предложены технологические режимы работы экструдера для получения этого полуфабриката. Для получения поликомпонентного экструдата на основе семян перца в качестве наполнителя следует использовать зерно пшеницы с массовой долей влаги 14%, соответствующей требованиям ГОСТ Р 52554-2006 к базисным кондициям для этой культуры. При этом условии экструдат требуемого качества можно получить при обработке смеси семян перца и зерна пшеницы в соотношении 1:1.

**Ключевые слова:** семена перца, зерно пшеницы, экструдат, технология, поликомпонентный.

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Долгов М.В. Поликомпонентный экструдат на основе семян перца // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 64–68.

## Polycomponent extrudate based on pepper seeds

*Kurochkin A.A., Dolgov M.V.*

**Abstract.** The paper substantiates the relevance of involving in the economic circulation of secondary raw materials obtained during the processing of sweet pepper. It is shown that pepper seeds have a significant potential for use in bakery production as a source of nutritional supplements, which makes it possible to enrich bread and bakery products with protein, dietary fiber and biologically active substances. Based on the analysis of previous works, arguments are presented in favor of a technological solution in which the useful ingredients of pepper seeds are used as part of a multicomponent extrudate obtained by processing a mixture of these seeds with wheat grain. Technological modes of operation of the extruder for obtaining this semi-finished product are proposed. To obtain a polycomponent extrudate based on pepper seeds, wheat grain with a mass fraction of moisture of 14%, corresponding to the requirements of GOST R 52554-2006 to the basic conditions for this crop, should be used as a filler. Under this condition, an extrudate of the required quality can be obtained by processing a mixture of pepper seeds and wheat grains in a ratio of 1:1.

**Keywords:** pepper seeds, wheat grain, extrudate, technology, polycomponent.

**For citation:** Kurochkin A.A., Dolgov M.V. Polycomponent extrudate based on pepper seeds. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 64–68. (In Russ.).

## Введение

Одним из направлений Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 29.06.2016 N 1364-р, является разработка инновационных технологических приемов для сохранения и повышения качества пищевой продукции путем применения более разнообразных пищевых ингредиентов.

Поиск, обоснование и практическое применение растительных сырьевых ресурсов являются базой для реализации этого направления и актуальным вектором при расширении ассортимента обогащенных, функциональных и специализированных продуктов питания.

Современный подход в развитии пищевой промышленности России характеризуется весьма широким диапазоном – от более активного вовлечения в хозяйственный оборот нетрадиционного для страны растительного сырья до использования вторичного сырья, которое до настоящего времени в реальных условиях не использовалось или применялось достаточно редко. Учитывая, что вторичное сырье – это не отходы производства, а часть материальных ресурсов, в отношении которых существует техническая возможность и экономическая целесообразность повторного применения в пищевых и иных технологиях в первоначальном виде или после дополнительной обработки, научное обоснование применения такого сырья представляется актуальной задачей [1, 4].

В пищевой отрасли применяется целый ряд технологий, в результате которых образуется вторичное сырье, содержащее весьма ценные ингредиенты. К такому сырью можно отнести продукты переработки овощей, фруктов, семян масличных культур и т.д.

Перец (сладкий и горький) выращивают по всему миру с целью потребления в свежем виде, а также для выработки различных пищевых продуктов. По валовому объему производства овощей в мире он входит в первую десятку. До настоящего времени считалось, что семена перца относятся к побочным продуктам его потребления и дальнейшая их переработка экономически не выгодна.

В последние годы опубликованы результаты исследований, в которых представлен новый подход к использованию семян перца, как к новому источнику ценных ингредиентов.

В опубликованных работах показано, что семена перца содержат от 13,8% [8] до 28,3% [11] белка, при этом обращает на себя внимание значимое для здоровья человека содержание лизина, треонина, общего количества ароматических аминокислот и триптофана в муке из семян перца по сравнению с данными ФАО/ВОЗ [9, 12].

Ученые выяснили, что семена перца содержат большинство незаменимых аминокислот и могут использоваться в качестве хорошего источника белка для различных пищевых применений [2, 3].

Количество углеводов в семенах различных со-

ртов сладкого перца достигает 3,2-3,4%, при этом большая часть из них представляют собой пищевые волокна, количество которых по данным разных исследователей варьирует от 42,1 до 56,3%. Соотношение нерастворимых и растворимых пищевых волокон составляет примерно 10:1 [7, 11].

Высокое содержание нерастворимой клетчатки в семенах перца потенциально может представлять собой новый ингредиент в пищевой промышленности, повышая уровень неперевариваемых нерастворимых соединений. При этом большое количество клетчатки в семенах перца может принести пользу здоровью человека из-за ее способности предотвращать ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, диабет и рак толстой кишки [11].

Информация по части содержания масла в семенах перца существенно отличается в зависимости от источника публикации: 13,6% [6] до 27,2 % [4].

Преобладающей жирной кислотой в масле семян перца является линолевая кислота. Ее содержание по данным разных источников колебалось от 67,8% [16] до 71,6% [2, 9]. Из-за высокого уровня линолевой кислоты в масле семян сладкого перца этот продукт может быть рекомендован в качестве пищевого кулинарного или салатного масла [10].

Опубликованы сведения о возможности переработки семян перца жидким диоксидом углерода, в результате чего можно получить натуральные пищевые добавки с высокими органолептическими, физико-химическими и медико-биологическими свойствами [8].

При этом масло из семян перца, полученное путем холодного прессования, показало лучшие результаты в отношении пищевой ценности, органолептической оценки и потребительских испытаний по сравнению с маслом из семян перца, полученным путем сверхкритической экстракции CO<sub>2</sub>. Такое масло имело более интенсивный цвет, запах и аромат, а также приятную пряность, что способствовало большей приемлемости в потребительском тесте среди потребителей. Его пищевые качества можно сравнить с более дорогими растительными маслами, представленными на рынке [11].

Не менее привлекательным продуктом переработки перца является мука из его семян, которая может быть использована для улучшения качества белка в пшеничной муке с дефицитом лизина [8, 10].

Высокая биологическая активность масла плодов и семян перца однолетнего в сочетании с уникальностью состава по отдельным физиологически активным компонентам дает возможность выпуска на его основе фармакологических средств, эффективных для лечения ревматических явлений и пародонтоза, а также косметических препаратов и пищевых добавок, обладающих противовоспалительным и ранозаживляющим действием [2, 3].

Цель работы – обоснование технологии получения поликомпонентного экструдата на основе семян перца.



Рис. 1. Плод перца сладкого



Рис. 2. Семена перца сладкого

Таблица 1 – Химический состав отдельных ингредиентов смеси и ее экструдата, на 100 г

| Показатели         | Зерно твердой пшеницы | Семена перца* | Экструдруемая смесь      |      |
|--------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|------|
|                    |                       |               | соотношение зерно:семена |      |
|                    |                       |               | 1:01                     | 2:01 |
| Белки, г           | 13                    | 16,7          | 14,9                     | 14,2 |
| Жиры, г            | 2,5                   | 27,2          | 14,9                     | 10,7 |
| Углеводы, г        | 57,5                  | 3,2           | 29,8                     | 39,4 |
| Пищевые волокна, г | 11,3                  | 41,2          | 26,3                     | 21,2 |
| Зола, г            | 1,7                   | 2,6           | 2,3                      | 2    |

### Объекты и методы исследований

Изучали химический состав и пищевую ценность семян перца, а также ряд их показателей, оказывающих влияние на параметры их экструзионной обработки. Исследования выполнялись с помощью одношнекового пресс-экструдера ЭК-40 производства ВЦПО «Фавор» (г. Волгоград), дополнительно оснащенного вакуумной камерой.

### Результаты и их обсуждение

Анализ литературных источников показывает,

что количество данного вторичного сырья зависит от реализуемых пищевых технологий и свойств перерабатываемых томатов, и обычно составляет от 1 до 2% массы перерабатываемого сырья.

Семена плоские, почковидные, с хорошо выраженным ободком по краю. Длина от 2 до 6 мм. Толщина семян составляет 0,5-1 мм. Поверхность – глянцевая или матовая, гладкая или слегка шероховатая. Цвет семян желтый или бледно-желтый. Запах отсутствует. Вкус сладковатый [3].

Семена перца однолетнего содержат не менее 21% липидного комплекса и поэтому в соответствии с международной классификацией могут быть отнесены к масличному сырью, используемого для промышленного получения жирного масла не только экстракционным методом, но и методом прессования [11].

Липидный комплекс перца однолетнего, представляет собой полупрозрачную густую зеленовато-бурого цвета маслянистую жидкость (полученный методом холодного прессования) или прозрачную маслянистую жидкость желто-бурого цвета (полученный методом экстракции гексаном) с характерным ароматным запахом и сладковатым вкусом [11].

На рис. 1 показан плод перца сладкого (сорт Богатырь), на рис. 2 семена перца этого сорта.

Результаты исследований липидного состава семян перца позволяют классифицировать масло семян перца сладкого как полувысыхающее, с высоким содержанием эссенциальной линолевой кислоты и умеренным содержанием каротиноидов и суммарных токоферолов. Высокий процент неомыляемого остатка может поставить масло перца в один ряд с облепиховым и маслом из зародышей пшеницы по ранозаживляющим и противовоспалительным свойствам [2, 11].

Учитывая опыт применения экструдатов на основе семян тыквы, расторопши, льна и кунжута, можно сделать предположение, что разработка пищевого композита функционального назначения на основе семян перца представляется весьма актуальной и реальной в технологическом плане. При этом за основу алгоритма выработки такого композита можно принять технологию поликомпонентных экструдатов, основанную на совместной экструзионной обработке основного ингредиента с наполнителем [1, 4].

В этом случае наполнитель необходим для обогащения экструдруемой смеси углеводами, а также снижения влаги в обрабатываемом сырье. В свою очередь это позволит исключить сушку семян перца до влажности, позволяющей добиться стабильного рабочего процесса экструдера и получить экструдат с низким содержанием воды с целью его хранения без потери качественных характеристик.

Учитывая, что влажность семян перца на выходе из семяотделительной машины обычно составляет не больше 50%, целесообразно в качестве наполнителя использовать зерно пшеницы с массовой долей влаги 14%, соответствующей требованиям ГОСТ Р 52554-2006.

Таким образом, для получения экструдата не-



Рис. 3. Экструдаты семян перца (1) и смеси семян перца сладкого и зерна пшеницы (2)

обходимого качества к одной части семян перца для снижения влажности экструдированной смеси можно добавить 1-2 части зерна пшеницы. Тогда с учетом табл. 1 можно ориентировочно оценить некоторые характеристики поликомпонентного экструдата на основе семян перца. Эти данные необходимо в первую очередь для прогнозирования технологических параметров экструзионного процесса.

Предварительный анализ данных таблицы позволяет сделать предварительные выводы о целесообразности экструдирования смеси зерна пшеницы и семян перца в соотношении 1:1, что позволит получить в экструдате достаточно значимое для обогащения содержание жира и пищевых волокон, а содержание в обрабатываемой смеси почти 30% углеводов предполагает иметь пористую структуру готового продукта.

Предлагаемая авторами технология переработки семян перца заключается в следующем. Смесь предварительно подсушенных семян перца влажностью 34-36% и семян пшеницы влажностью 14% в соотношении 1:1 обрабатывают с помощью одношнекового экструдера, оснащенного вакуумной камерой [6, 7].

На выходе из фильеры матрицы экструдера сырье

имеет температуру 100-110°C и поступает в вакуумную камеру, в которой поддерживается пониженное давление (вакуум), равное 0,06-0,08 МПа. Содержание влаги в экструдированном продукте регулируют величиной давления воздуха в вакуумной камере экструдера на уровне не более 7,5-9,0%. На выходе из фильеры экструдат может разрезаться на частицы размером до 1 мм режущим устройством, входящим в состав экструдера. На рис. 3 приведены образцы полученного экструдата. С помощью термовакуумной экструзии можно обработать семена перца и без добавления зерна пшеницы, однако в этом случае пористую структуру экструдата получить невозможно в связи с малым содержанием в семенах перца углеводов (3,2%), а также высоким содержанием жира и пищевых волокон.

### Выводы

Для получения поликомпонентного экструдата на основе семян перца в качестве наполнителя следует использовать зерно пшеницы с массовой долей влаги 14%, соответствующей требованиям ГОСТ Р 52554-2006 к базисным кондициям для этой культуры. При этом условии экструдат требуемого качества можно получить при обработке смеси семян перца и зерна пшеницы в соотношении 1:1.

Рекомендуемые технологические параметры экструзионной обработки семян перца обеспечивают необходимые структурно-механические и частично химические изменения в них и не приводят к деградиационным изменениям белков, липидов и пищевых волокон обрабатываемого растительного сырья.

### Литература

- [1] Воронина, П. К. Полифункциональный композит с повышенным содержанием пищевых волокон / П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 65-71. EDN: UZCAFR.
- [2] Завьялова, О.А. Фармакогностическое изучение плодов перца однолетнего и разработка методов стандартизации липидного комплекса на его основе: автореф. дис. ...канд. хим. наук: 15.00.02 / Завьялова Ольга Анатольевна. М., 2005. 24 с.
- [3] Попков, В.А. Физико-химические показатели масла из семян сладкого перца / В.А. Попков, В.Ю. Решетняк, О.В. Нестерова и др. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 2004. Т.45. №6. С. 413-416.
- [4] Зимняков, В.М. Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В.М. Зимняков, О.Н. Кухарев, А.А. Курочкин [и др.] // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45). С. 157-163.

### References

- [1] Voronina, P. K. Polyfunctional composite with a high content of dietary fiber / P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No. 4. S. 65-71. EDN: UZCAFR.
- [2] Zavyalova, O.A. Pharmacognostic study of annual pepper fruits and development of methods for standardization of the lipid complex based on it: Ph.D. dis. ...cand. chem. Sciences: 15.00.02 / Zavyalova Olga Anatolyevna. M., 2005. 24 p.
- [3] Popkov, V.A. Physical and chemical indicators of oil from seeds of sweet pepper / V.A. Popkov, V.Yu. Reshetnyak, O.V. Nesterova and others // Vestn. Moscow university Ser. 2. Chemistry. 2004. V.45. No. 6. pp. 413-416.
- [4] Zimnyakov, V.M. Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V.M. Zimnyakov, O.N. Kukharev, A.A. Kurochkin [and others] // Niva Volga. 2017. No. 4 (45). pp. 157-163.
- [5] Frolov, D.I. Theoretical description of the process of

- [5] Фролов, Д.И. Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова [и др.] //Иновационная техника и технология. 2015. № 1 (02). С. 29-34. EDN: UAWVIN.
- [6] Фролов, Д.И. Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, П.К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 134-143. EDN: BIRIFZ.
- [7] Embaby Hel-S, Mokhtar S.M. Chemical composition and nutritive value of lantana and sweet pepper seeds and nabak seed kernels. J Food Sci. 2011 Jun-Jul; 76(5):C736-41. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02166.x. Epub 2011 May 9. PMID: 22417420.
- [8] Bostanci H., Ok S., Yilmaz E. Valorization of Capia Pepperseed Flour-I: Spreadable New Products Development. Waste Biomass Valor 10, 681-690 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0139-z>.
- [9] El-Adawy T.A., Taha K.M. Characteristics and composition of watermelon, pumpkin, and paprika seed oils and flours. J Agric Food Chem. 2001 Mar;49(3):1253-9. doi: 10.1021/jf001117+. PMID: 11312845.
- [10] Yilmaz E., Bostanci H., Ok S. Valorization of Capia Pepperseed Flour-II: Sensory Properties and Storage Stability of the New Spreadable Pastes. Waste Biomass Valor. 2019, 10, 3163-3171.
- [11] Cvetković T, Ranilović J, Jokić S. Quality of Pepper Seed By-Products: A Review. Foods. 2022; 11(5):748. <https://doi.org/10.3390/foods11050748>.
- [12] ФАО и ВОЗ. 2020 Устойчивое здоровое питание – Руководящие принципы. Рим. <https://doi.org/10.4060/ca6640ru>.
- explosive evaporation of water in an extruder with a vacuum chamber / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova [et al.] //Innovative technique and technology. 2015. No. 1 (02). pp. 29-34. EDN: UAWVIN.
- [6] Frolov, D.I. Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, P.K. Garkina [and others] // Niva of the Volga Region. 2019. No. 2 (51). pp. 134-143. EDN: BIRIFZ.
- [7] Embaby Hel-S, Mokhtar S.M. Chemical composition and nutritive value of lantana and sweet pepper seeds and nabak seed kernels. J Food Sci. 2011 Jun-Jul; 76(5):C736-41. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02166.x. Epub 2011 May 9. PMID: 22417420.
- [8] Bostanci H., Ok S., Yilmaz E. Valorization of Capia Pepperseed Flour-I: Spreadable New Products Development. Waste Biomass Valor 10, 681-690 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0139-z>.
- [9] El-Adawy T.A., Taha K.M. Characteristics and composition of watermelon, pumpkin, and paprika seed oils and flours. J Agric Food Chem. 2001 Mar;49(3):1253-9. doi: 10.1021/jf001117+. PMID: 11312845.
- [10] Yilmaz E., Bostanci H., Ok S. Valorization of Capia Pepperseed Flour-II: Sensory Properties and Storage Stability of the New Spreadable Pastes. Waste Biomass Valor. 2019, 10, 3163-3171.
- [11] Cvetković T, Ranilović J, Jokić S. Quality of Pepper Seed By-Products: A Review. Foods. 2022; 11(5):748. <https://doi.org/10.3390/foods11050748>.
- [12] FAO and WHO. 2020 Sustainable healthy nutrition – Guidelines. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca6640ru>.

#### Сведения об авторах

#### Information about the authors

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b><br/>доктор технических наук<br/>профессор кафедры «Пищевые производства»<br/>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br/>технологический университет»<br/>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br/><b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03<br/><b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p> | <p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b><br/>D.Sc. in Technical Sciences<br/>professor at the department of «Food productions»<br/>Penza State Technological University<br/><b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03<br/><b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p> |
| <p><b>Долгов Максим Викторович</b><br/>магистрант кафедры «Пищевые производства»<br/>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br/>технологический университет»<br/>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>                                                                                                            | <p><b>Dolgov Maxim Viktorovich</b><br/>undergraduate of the department «Food productions»<br/>Penza State Technological University</p>                                                                                                                  |

## Энергоэффективный экструдер для переработки пищевого сырья

*Куручкин А.А., Потапов М.А.*

**Аннотация.** Актуальность совершенствования оборудования для термопластической экструзии пищевого сырья базируется, с одной стороны на высокой эффективности этого технологического процесса, а с другой – его весьма низкой энергоэффективности, которая препятствует широкому применению достаточно простых в устройстве и не затратных в эксплуатации одношнековых экструдеров. Гипотеза о возможности замены в автогенном экструдере шнекового рабочего органа на винтовой и применении для нагрева обрабатываемого сырья более энергосберегающего способа, чем в существующем оборудовании, может быть на первом этапе исследований конкретизирована путем теоретического обоснования конструктивно-технологической схемы энергоэффективного термовакuumного экструдера. В работе представлено обоснование модернизации экструдера на основе применения одного из наиболее энергоэффективных способов получения теплоты – диэлектрического сверхвысокочастотного (СВЧ) нагрева обрабатываемого пищевого сырья.

**Ключевые слова:** пищевое сырье, термовакuumная экструзия, энергоэффективный экструдер, винтовой насос, сверхвысокочастотный нагрев.

**Для цитирования:** Куручкин А.А., Потапов М.А. Энергоэффективный экструдер для переработки пищевого сырья // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 69–72.

## Energy efficient extruder for food processing

*Kurochkin A.A., Potapov M.A.*

**Abstract.** The relevance of improving equipment for thermoplastic extrusion of food raw materials is based, on the one hand, on the high efficiency of this technological process, and on the other hand, its very low energy efficiency, which prevents the widespread use of single-screw extruders, which are quite simple in design and not expensive to operate. The hypothesis about the possibility of replacing a screw working body in an autogenous extruder with a screw one and using a more energy-saving method for heating the processed raw materials than in existing equipment can be specified at the first stage of research by theoretical justification of the design and technological scheme of an energy-efficient thermal vacuum extruder. The paper presents a rationale for the modernization of the extruder based on the use of one of the most energy-efficient methods of obtaining heat - dielectric microwave heating of processed food raw materials.

**Keywords:** food raw materials, thermal vacuum extrusion, energy-efficient extruder, screw pump, microwave heating.

**For citation:** Kurochkin A.A., Potapov M.A. Energy efficient extruder for food processing. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 69–72. (In Russ.).

### Введение

В процессе решения проблемы, связанной с высокой энергоемкостью способа термопластического воздействия на пищевое сырье, на наш взгляд, целесообразно предварительно проанализировать особенности термовакuumной экструзионной тех-

нологии, позволяющей заметно снизить рабочую температуру обработки сырья до значений, приемлемых с точки зрения сохранности его полезных ингредиентов. При этом следует иметь ввиду, что термовакuumная экструзия, основанная на применении оборудования с рабочим органом в виде шнека,

остается заложником крайне неэффективного преобразования электрической энергии в тепловую [3].

Имеются предположения, основанные на научных исследованиях в области экструзионных технологий и запатентованной конструкции энергосберегающего экструдера, что одним из возможных вариантов кардинального снижения энергопотребления одношнекового экструдера является замена его шнека винтовым механизмом. При этом нагрев сырья в процессе его термовакуумной обработки предлагается осуществлять более энергоэффективными способами нагрева – индуктивным или диэлектрическим [3].

Индуктивный способ нагрева обрабатываемого сырья реализован в энергосберегающем экструдере, в котором нагревающее устройство выполнено в виде стальной трубы, охваченной индуктором [3].

В энергосберегающем экструдере нагрев сырья осуществляется за счет его теплообмена с внутренней стенкой стальной трубы нагревающего устройства, т.е. ферромагнитной частью нагревателя. К недостаткам такого технического решения можно отнести неравномерный нагрев обрабатываемого сырья: перегрев его верхнего слоя и недостаточно высокую температуру нагрева более глубоких слоев. Как следствие этого возможно пригорание сырья к внутренней поверхности трубы нагревающего устройства, увеличение времени нахождения сырья в рабочем объеме нагревающего устройства с одновременным существенным повышением энергозатрат индукционным нагревателем. На наш взгляд, устранение перечисленных недостатков связано с заменой индукционного способа нагрева обрабатываемого сырья на диэлектрический сверхвысокочастотный (СВЧ) нагрев.

Известно, что СВЧ-нагрев имеет ряд преимуществ перед традиционными методами термической обработки:

- высокая скорость нагрева и его равномерность вследствие «объемной» подачи тепла;

- сохранение витаминов и других незаменимых нутриентов пищевого продукта;

- возможность мягкого режима термообработки, подачи тепла импульсами, т.е. ступенчатого нагрева;

- создание заданной температурной неравномерности при термообработке пищевых продуктов путем подбора формы рабочих органов СВЧ-генератора или применением заслонов (экранов), регулирующих пропускание микроволн к продукту;

- высокая экономичность процесса (отсутствие контакта с теплоносителем и генерация тепла в самом продукте сводят к минимуму потери тепла на нагрев оборудования и во внешнюю среду; потребление электроэнергии СВЧ-генераторами значительно меньше, чем электроплитами и другими нагревательными приборами) [5].

Целью работы является обоснование рабочего процесса энергоэффективного экструдера для переработки пищевого сырья.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлась конструктивно-технологическая схема модернизированного экструдера.

В работе применялся аналитический метод исследований, основанный на системном подходе к рассматриваемой проблеме.

### Результаты и их обсуждение

Конструктивно-технологическая схема предлагаемого энергоэффективного экструдера состоит из мотор-редуктора 1 (рис. 1), загрузочной камеры 4 с расположенными в ней металлическим ситом 5, питающим шнеком 18 с дополнительной лопастью 6 и приводом 7, составного корпуса, фильеры матрицы 13, вакуумной камеры 14, шлюзового затвора 15, вакуумного насоса 3, вакуум-регулятора 10 и вакуумметра 11.

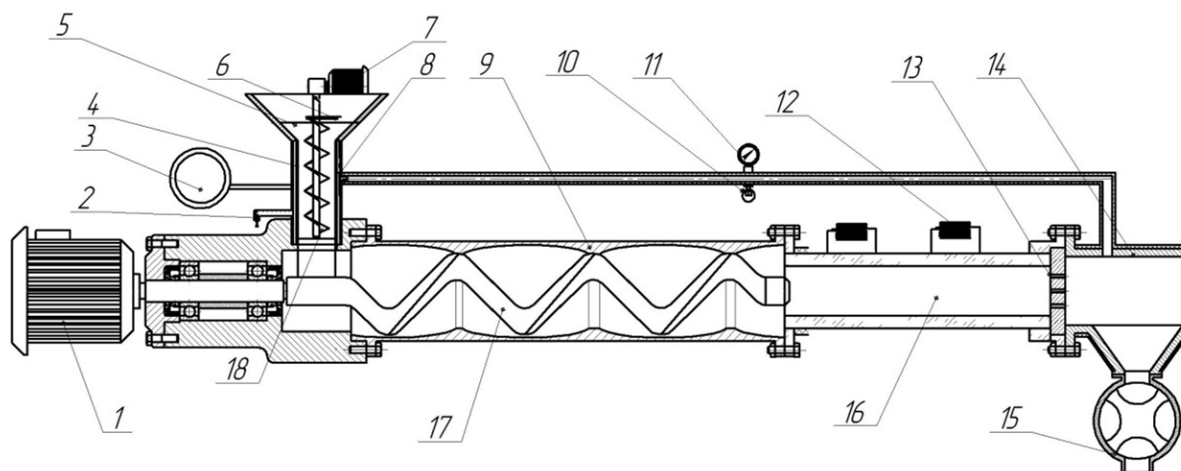


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема энергоэффективного экструдера

В передней части составного корпуса расположен винтовой насос, состоящий из металлического ротора 17 и статора 9 с эластичной обкладкой. Между винтовыми поверхностями ротора и статора образованы рабочие камеры (капсулы-шлюзы), которые периодически открываются и закрываются, что приводит к всасыванию и нагнетанию насосом перекачиваемой среды. При этом количество таких камер (замкнутых полостей на единицу длины винтовой пары) определяет максимальное давление винтового насоса, а объем каждой полости – его производительность.

Особенностью большинства винтовых насосов является ограничение, связанное с максимальным размером перемещаемых частиц. Например, для насосов серии ВН и ВНП этот размер составляет 5 мм.

С целью недопущения попадания частиц обрабатываемого сырья с большим размером, в верхней части загрузочной камеры над ее питающим шнеком предлагается установить металлическое сито с ячейками диаметром не больше 5 мм. Такой размер ячеек, сита обеспечит штатную работу винтового насоса.

Просеивание частиц обрабатываемого сырья обеспечивается вращающейся лопастью, закрепленной над витками питающего шнека, при этом ячейки сита выполнены с диаметром, меньшим диаметра отверстий фильеры матрицы, что предотвращает их забивание частицами обрабатываемого сырья.

Во второй части корпуса расположено нагревающее устройство, выполненное в виде толстостенной трубы 16 и двух магнетронов 12, оснащенных автоматической системой управления.

В качестве магнетрона, применяемого для нагрева (получения радиоволн СВЧ диапазона) можно использовать СВЧ генератор с рабочей частотой 2375 МГц, выходной мощностью 1,0 кВт и КПД 62 %. Магнетрон имеет воздушное охлаждение; его магнитная система представляет постоянный магнит, а вывод энергии в камеру нагревания осуществляется с помощью коаксиального волновода.

Труба изготовлена из радиопрозрачного термостойкого материала. Она закреплена в корпусе экструдера и с помощью уплотнительного устройства соединена с винтовым насосом. Свободный торец трубы упирается в фильеру матрицы 13, представляющую собой пластину с одним или несколькими отверстиями определенного диаметра. Труба с внешним диаметром 0,1 м и толщиной стенок 0,01 м гарантированно выдерживает нагрев до температуры 200-2500С с давлением в рабочем объеме 2,5-3,0 МПа.

Фильера матрицы расположена на выходе сырья из нагревающего устройства в вакуумную камеру экструдера. Количество и диаметр отверстий фильеры зависят от потребной производительности экструдера.

Повышение температуры обрабатываемого сырья в тепловой камере экструдера происходит за счет диэлектрического нагрева, при котором тепло выделяется непосредственно в обрабатываемом сырье под действием электромагнитных колебаний индуцированных токов. Таким образом, перенос теплоты в системе «генератор-среда-объект нагрева» осуществ-

ляется электромагнитными колебаниями, при этом тепловая энергия генерируется непосредственно в объекте нагрева.

Конструкция загрузочной камеры 4 экструдера позволяет осуществлять предварительный подогрев обрабатываемого сырья. С этой целью она выполнена в виде цилиндрической двустенной конструкции, межстенное пространство 8 которой с помощью трубопроводов соединено с вакуумным насосом 3 и вакуумной камерой 14 экструдера.

Загрузочная камера 4 и вакуумная камера 14 экструдера с внешней стороны покрыты теплоизоляционным материалом (например, напыляемым утеплителем PENOPLEX). Соединяющий их трубопровод также теплоизолирован.

В связи с тем, что теплота горячего пара будет расходоваться на нагрев сырья, поступающего в загрузочную камеру, большая часть пара будет конденсироваться в этой части экструдера. Для удаления конденсата из межстенного пространства 7 загрузочной камеры 4 в ее нижней части предусмотрена специальная пробка 2.

Шлюзовой затвор 15 служит для выгрузки готового продукта без разгерметизации вакуумной камеры 14 энергосберегающего экструдера. Он представляет собой корпус цилиндрической формы и вращающуюся в нем многолопастную (4-12 шт.) крыльчатку (ротор) на шариковых подшипниках.

Вакуумный насос 3 служит для создания в вакуумной камере экструдера пониженного давления (давления ниже атмосферного), равного 0,05-0,07 МПа.

Вакуум-регулятор 10 необходим для поддержания пониженного давления в вакуумной камере 14 экструдера в заданных пределах при требуемых производительности экструдера, а также влажности обрабатываемого сырья и готового продукта. Для контроля давления в вакуумной камере энергосберегающего экструдера служит вакуумметр 11.

Рабочий процесс предлагаемого экструдера осуществляется следующим образом. Перерабатываемое сырье поступает в загрузочную камеру машины. Соприкасаясь с горячими стенками камеры, обрабатываемое сырье предварительно подогревается, а затем посредством винтового насоса под напором 1,0-1,2 МПа подается в нагревательную камеру. В камере сырье под действием нагревающего устройства повышает свою температуру до 100-110°С и выводится через фильеру матрицы в вакуумную камеру.

Попадая из области высокого давления (камера нагревания экструдера) в зону низкого давления (вакуумная камера), пищевое сырье подвергается декомпрессионному взрыву, который представляет собой процесс мгновенного перехода воды, находящейся в сырье, в пар. Этот процесс характеризуется выбросом большого количества энергии за короткий промежуток времени и приводит к деструкции клеточных структур обрабатываемого сырья.

## Выводы

Сравнение конструктивно-технологической схемы предлагаемого энергоэффективного экструдера с известным к настоящему времени оборудованием позволяет сделать вывод о том, что существенное снижение энергоемкости процесса переработки пищевого сырья связано с синергетическим эффектом от взаимодействия его экструзи-

онной и вакуумной составляющих, а реализация предлагаемого технического решения может быть осуществлена за счет применения диэлектрического нагревателя в автогенном экструдере и замены его шнекового рабочего органа на винтовой.

## Литература

- [1] Куручкин, А.А. Теоретическое обоснование термовакuumного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера /А.А. Куручкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 14-20. EDN: UOHJWR
- [2] Куручкин, А.А. Технология производства органических удобрений на основе экструзионной термовакuumной обработки птичьего помета /А.А. Куручкин, М.А. Потапов //Инновационная техника и технология. 2018. № 2. С. 28-32. EDN: SIUZNF
- [3] Оборудование перерабатывающих производств /А.А. Куручкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина.–М.: ИНФРА-М, 2015. 363 с. EDN: VWIOIB
- [4] Пат. 2787167 Российская Федерация МПК А23Р 30/20. Энергосберегающий экструдер / заявители: В.М. Зимняков, Ю.В. Польшваный; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенский ГАУ. – №2021138060; заявл. 20.12.2021; опубл. 29.12.2022, Бюл. № 1. 8 с.
- [5] Ушакова, Н.Ф. Опыт применения СВЧ-энергии при производстве пищевых продуктов / Н.Ф. Ушакова, Т.С. Копылова, В.В. Касаткин, А.Г. Кудряшова // Пищевая промышленность. 2013. № 10. С. 30-32.

## References

- [1] Kurochkin, A.A. Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of the modernized extruder /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No. 3. pp. 14-20.
- [2] Kurochkin, A.A. Technology for the production of organic fertilizers based on extrusion thermal vacuum processing of bird droppings /A.A. Kurochkin, M.A. Potapov //Innovative technique and technology. 2018. No. 2. pp. 28-32.
- [3] Equipment for processing industries /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.M. Zimnyakov, P.K. Voronin. –M.: INFRA-M, 2015.363 p.
- [4] Pat. 2787167 Russian Federation IPC A23R 30/20. Energy saving extruder / Applicants: V.M. Zimnyakov, Yu.V. polyvyany; Patent holder FGOU VPO Penza State Agrarian University. - No. 2021138060; dec. 12/20/2021; publ. 12/29/2022, Bull. No. 1. 8 p.
- [5] Ushakova, N.F. Experience in the use of microwave energy in food production / N.F. Ushakova, T.S. Kopylova, V.V. Kasatkin, A.G. Kudryashova // Food industry. 2013. No. 10. pp. 30-32.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Куручкин Анатолий Алексеевич</b><br/>доктор технических наук<br/>профессор кафедры «Пищевые производства»<br/>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br/>технологический университет»<br/>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br/>Тел.: +7(927) 382-85-03<br/>E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p> | <p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b><br/>D.Sc. in Technical Sciences<br/>professor at the department of «Food productions»<br/>Penza State Technological University<br/><b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03<br/><b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p> |
| <p><b>Потапов Максим Александрович</b><br/>аспирант кафедры «Пищевые производства»<br/>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br/>технологический университет»<br/>440045, Пенза, ул. Ульяновская, д. 36, кв. 37<br/>Тел.: +7(962) 473-86-96<br/>E-mail: makcpotapov@mail.ru</p>                                         | <p><b>Potapov Maxim Alexandrovich</b><br/>postgraduate student of the department «Food productions»<br/>Penza State Technological University<br/><b>Phone:</b> +7(962) 473-86-96<br/><b>E-mail:</b> makcpotapov@mail.ru</p>                             |

## Обзор современных тенденций в моделировании процессов происходящих при обработке пищевых продуктов

Ломакина П.А., Фролов Д.И.

**Аннотация.** В статье дан обзор современных принципов и технологий моделирования процессов, происходящих при приготовлении и обработки пищевых продуктах, в процессе которых происходят изменение объема и деформация. Такие явления являются результатом сложных и динамических взаимосвязей между составом и структурой пищевых продуктов и движущими силами, определяемыми процессами и условиями эксплуатации. Ключевую роль в качестве пластификатора играет вода, сильно влияющая на состояние аморфных материалов через стеклование на их механические свойства. Поэтому важно улучшить понимание этих сложных явлений и разработать полезные инструменты прогнозирования. Для этой цели в области пищевой инженерии применялись различные подходы к моделированию. В работе рассматриваются эмпирические и физические модели, а также различные движущие силы деформации, чтобы определить общие узкие места и проблемы в приложениях пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** моделирование, мультифизика, пористость, механика, текстура, вязкоупругий материал.

**Для цитирования:** Ломакина П.А., Фролов Д.И. Обзор современных тенденций в моделировании процессов происходящих при обработке пищевых продуктов // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 73–80.

## Overview of current trends in the modeling of processes occurring in the processing of food products

Lomakina P.A., Frolov D.I.

**Abstract.** The article provides an overview of modern principles and technologies for modeling processes occurring during the preparation and processing of food products, during which volume changes and deformation occur. Such phenomena are the result of complex and dynamic relationships between the composition and structure of foods and driving forces determined by processes and operating conditions. The key role as a plasticizer is played by water, which strongly affects the state of amorphous materials through vitrification on their mechanical properties. Therefore, it is important to improve understanding of these complex phenomena and develop useful forecasting tools. For this purpose, various modeling approaches have been applied in the field of food engineering. The paper examines empirical and physical models, as well as various strain drivers, to identify common bottlenecks and problems in food processing applications.

**Keywords:** modeling, multiphysics, porosity, mechanics, texture, viscoelastic material.

**For citation:** Lomakina P.A., Frolov D.I. Overview of current trends in the modeling of processes occurring in the processing of food products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 73–80. (In Russ.).

### Введение

Во многих процессах, связанных с пищевыми продуктами, в продуктах происходят значительные изменения объема и большая деформация. Типичные примеры: усадка фруктов и овощей во время конвективной сушки и мясных продуктов во время

приготовления, расширение хлеба во время выпекания, расширение при экструзии. В некоторых случаях эти явления являются положительными и действительно являются характерной чертой процесса, например, расширение при выпечке и экструзии. С другой стороны, они могут представлять собой нежелательные изменения в других ситуаци-

ях, например, чрезмерную усадку во время сушки и приготовления пищи. Однако в любом случае для широкого круга процессов, условий эксплуатации и пищевых материалов значительное изменение объема и деформация являются частью процессов и, таким образом, неизбежны. Следовательно, необходимо лучше понять фундаментальные механизмы этих явлений в контексте пищевой инженерии, то есть развивать научные знания и полезные инструменты для описания и прогнозирования взаимосвязей между условиями обработки и поведением пищевых материалов. Основная цель состоит в том, чтобы направить такие явления на разработку пищевых процессов, которые достигают множества целей, включая безопасность и качество пищевых продуктов (питательных и сенсорных), а также эффективность процесса. В этом смысле численное моделирование может сыграть важную роль, предоставляя адекватные рамки и количественные инструменты для систематического и надежного анализа. Существует потребность в лучшем понимании фундаментальных механизмов этих явлений в контексте пищевой инженерии, то есть в развитии научных знаний и полезных инструментов для описания и прогнозирования взаимосвязей между условиями обработки и поведением пищевых материалов.

Возникновение и развитие изменения объема и деформации пищевых продуктов во время обработки можно объяснить, учитывая как свойства материала, так и движущие силы, устанавливаемые данным процессом и условиями эксплуатации, как и в других транспортных явлениях. С одной стороны, большинство пищевых продуктов признаются очень сложными биоматериалами, их можно описать либо как многофазные смешанные дисперсные системы, либо как многофазные капиллярно-пористые среды с деформируемой, гигроскопичной и аморфной матрицей или каркасом из биополимеров (например, полисахаридов и белков), содержащих также низкомолекулярные частицы (например, соли и сахара). ) и вода [4, 8]. Микроструктурная организация различных фаз и их физическое состояние, а также наличие воды, которая является основным пластификатором, во многом определяют механические свойства и реологическое поведение пищевых продуктов [8, 1]. С другой стороны, определенный процесс устанавливает движущие силы, например, температуру, влажность, давление и/или градиенты механических напряжений, а условия эксплуатации регулируют их интенсивность. Учитывая неравновесный или динамический характер обработки пищевых продуктов, роль воды как пластификатора очень важна, так как вместе с температурой они определяют состояние аморфных материалов через концепцию стеклования [9]. Как правило, при низкой температуре и/или низком содержании воды продукты находятся в твердом ломком состоянии, так называемом стекловидном состоянии. Однако повышение температуры выше диапазона (или уве-

личение содержания воды) вызывает стеклование: продукты меняют свое состояние на резиноподобное (жидкоподобное) и теперь ведут себя как мягкие вязкоупругие материалы [3, 5]. Другим важным переходом является денатурация белков (в случае приготовления мяса денатурация белков, вызванная нагреванием, играет ключевую роль в структурных изменениях) [11]. Таким образом, изменение объема и деформация пищевых продуктов являются результатом сложных и динамических взаимосвязей между составом и структурой пищевых продуктов и движущими силами, определяемыми процессами и условиями эксплуатации.

Создание и преобразование структур или структурирование материалов оказывает существенное влияние на различные свойства пищевых продуктов, т. е. физические, транспортные, органолептические, а также пищевые свойства [7]. Изменение объема и деформация, в дополнение к изменениям содержания влаги и температуры во время обработки, могут вызывать изменения пористости и (кажущейся) плотности пищевых продуктов, тем самым изменяя транспортные и механические свойства материалов. В этом смысле анализ профиля текстуры, который можно рассматривать как имитацию процесса жевания или жевания, часто используется для сопоставления механических измерений с субъективными ощущениями (сенсорными атрибутами), что делает характеристики текстуры пищи более предсказуемыми. Например, модуль Юнга, механическое свойство материалов, считается важной мерой или показателем текстуры. Были предприняты некоторые попытки связать условия процесса и транспортные явления с механическими свойствами и, наконец, с текстурой пищевых продуктов, используя это механическое свойство. Кроме того, структурные модификации из-за различных методов и путей обработки, безусловно, влияют на пероральную обработку и общий процесс пищеварения пищевых продуктов [10]. Помимо сенсорных аспектов, структура и, следовательно, текстура пищи могут влиять на процесс обработки полости рта, помогая снизить скорость приема пищи и потребление энергии. С другой стороны, изменение объема и деформация подразумевают изменение геометрии пищи, а также движение твердого скелета и, следовательно, должны учитываться при моделировании транспортных процессов для корректного расчета градиентов, потоков и средних значений зависимых переменных. Это представляет собой дополнительную проблему для моделирования и имитации пищевых процессов, помимо наличия теплофизических свойств и экспериментальной проверки численных прогнозов.

На сегодняшний день очевидна основная сложность моделирования и симуляции изменения объема и деформации пищевых продуктов во время обработки, но в то же время очевидна важность и, следовательно, необходимость решения этой сложной проблемы. На самом деле, разработка следую-

щего поколения моделей пищевого процесса, т. е. цифровых двойников (виртуальная копия реального процесса), безусловно, требует включения ранее описанных аспектов в направлении целостного и комплексного подхода к разработке пищевого продукта/процесса с учетом текущих и будущих вызовов агропродовольственной отрасли. Таким образом, цель статьи состоит в том, чтобы предоставить общий обзор работ, посвященных моделированию изменения объема и деформаций в различных пищевых процессах с точки зрения пищевой инженерии.

Деформация пищевых материалов не является изолированным явлением, а определенно связана с процессами тепло- и/или массопереноса, которые определяют движущие силы деформации во время обработки. Другими словами, в большинстве приложений пищевой промышленности деформация материала не связана с чистой проблемой механики твердого тела, а связана с физическим взаимодействием, т. е., как правило, это мультифизическая задача. Исключением может быть моделирование текстуры или механического теста. Таким образом, в общих чертах моделирование деформирования естественным образом связано с моделированием тепло- и/или массопереноса или соответствующих явлений переноса для данного процесса. Учитывая, что может иметь место более одного явления

или процесса переноса, которые, таким образом, могут быть смоделированы для данного продукта/процесса, классификация подходов к моделированию не является простой, поскольку многие авторы предлагали различные типы предположений, упрощений и решений для нескольких процессов. На основании проведенного анализа литературы мы предлагаем разделить подходы к моделированию на две основные группы в зависимости от сложности и степени детализации. Внутри каждой группы включены различные подходы к моделированию, от эмпирических до физических (рис.1).

1.Эмпирические, феноменологические и простые теоретические модели. В целом, эти модели относительно просты с точки зрения формулировки и реализации, а их выходными данными являются средние или объемные значения. Некоторые модели этой группы могут помочь в предоставлении локальной или подробной информации в сочетании с моделями, основанными на физике, хотя и с использованием упрощений в формулировке и/или реализации.

2.Физические и гибридные модели. В общих чертах это транспортные модели, сформулированные на основе физических или фундаментальных законов, которые могут включать разные и множественные масштабы. Эти модели предоставляют информацию о локальных значениях, а также



Рис. 1. Современные подходы к моделированию

о средних значениях. В некоторых случаях сложность снижается за счет использования некоторых упрощений (гибридных моделей).

### **Эмпирические, феноменологические и простые теоретические модели**

Подход к эмпирическому моделированию направлен на поиск прямой связи между экспериментальными входными и выходными данными без предпосылки описания основных механизмов, объясняющих такую связь. В этом смысле эти модели часто называют моделями черного ящика или моделями, управляемыми данными. Такая прямая связь может быть установлена с использованием различных численных инструментов, например, регрессионных моделей, методологии поверхности отклика, а также более сложных методов, таких как искусственные нейронные сети [2]. В нашем случае входными данными будут некоторые характеристики продукта и условия обработки, а выходными данными будут различные переменные или свойства, связанные с деформацией пищевых продуктов, например, коэффициент изменения объема (усадка/расширение), плотность, пористость и т.д. Подход представляет собой низкую-среднюю сложность с точки зрения математического моделирования, что делает его более легко реализуемым. Это представляет особый интерес для промышленных приложений, особенно для малых и средних предприятий, которые могут не иметь доступа к более сложным инструментам. С другой стороны, основным ограничением этого подхода, вероятно, является отсутствие физического смысла в установленной зависимости и, следовательно, невозможность объяснения происходящих явлений. Кроме того, этот подход обычно требует большого количества данных для подбора/обучения и проверки, охватывающих широкий диапазон условий, чтобы обеспечить надежные инструменты.

Феноменологические модели основаны на гипотезах, полученных из экспериментальных наблюдений об определенном явлении или интересующем поведении, и пытаются описать вовлеченные механизмы, связывая некоторые ключевые переменные и/или параметры. Отличие этого подхода от эмпирического заключается в степени задействованных фундаментальных знаний. Чисто эмпирическое моделирование в основном представляет собой проблему подбора данных, в то время как феноменологические модели можно рассматривать как первый шаг к основанной на физике или фундаментальной модели или как ее упрощенную версию. Например, строго говоря, классические «законы» явлений переноса, такие как закон Фурье и закон Фика, среди прочих, являются феноменологическими отношениями. Феноменологические модели также называют полуэмпирическими или полутеоретическими моделями. Как правило, эмпирический аспект этих взаимосвязей сводится к (эффективному) коэффициенту или свойству, которое

зависит от материала и основных переменных процесса (например, температуры и содержания воды).

Можно вывести простые модели из фундаментальных понятий и принципов, т. е. из теории. Например, при определенных допущениях балансы масс можно использовать для получения простой модели либо для прогнозирования общего изменения объема, либо для расчета локальной скорости деформации. Такие допущения позволяют получить эти так называемые простые теоретические модели, которые также могут помочь уменьшить сложность моделей, основанных на физике.

В целом, общей характеристикой этих трех типов моделей является то, что они не являются моделями, основанными на механике. То есть изменение объема и деформация не предсказываются путем решения уравнения баланса количества движения твердого тела и использования механических свойств материала, а некоторые аспекты этих явлений описываются косвенным или упрощенным способом. Кроме того, степень эмпиризма может быть значительной. Тем не менее, стоит напомнить, что математические модели по своей сути являются инструментами, которые могут иметь разные цели. Другими словами, с прагматической точки зрения эти простые модели все же могут быть полезны для проектирования, управления и оптимизации процессов, помимо упомянутого использования в сочетании с более сложными формулировками, основанными на физике. Однако, модели этой первой группы имеют ограниченную способность описывать основные механизмы, объясняющие поведение продуктов/процессов. Кроме того, модели, основанные на эмпирических данных, ограничены конкретными условиями (продуктами/процессами), на основе которых были оценены эмпирические параметры, т. е. потребуются новые параметры, если необходимо включить новые условия - оценивается в существующей модели. В этом смысле следует избегать экстраполяции или обобщения в отношении как поведения или механизмов, так и численных предсказаний без соответствующей экспериментальной проверки.

### **Физические и гибридные модели**

Физический или механистический подход к моделированию основан на использовании фундаментальных физических концепций и законов для описания физических механизмов, вовлеченных в процесс. Отправной точкой для моделей, основанных на физике, является постановка задачи, т. е. установление набора гипотез относительно (предполагаемой) лежащей в основе физики процесса и развитие их математического представления через соответствующие физические законы. Математическая формулировка включает основные уравнения, обычно дифференциальные уравнения в частных производных, с соответствующими граничными и начальными условиями. Управляющие уравнения включают балансы или законы сохранения массы,

энергии и количества движения, а также соответствующие определяющие уравнения или законы или выражения явлений переноса, согласно установленным гипотезам, например, закон молекулярной диффузии Фика, закон Фурье, закон теплопроводности, закон упругости Гука и т. д. Как уже упоминалось выше, эти «законы» явлений переноса феноменологичны, но они широко используются и считаются общеприменимыми. Тем не менее, особое внимание необходимо уделять моделированию пищевых процессов: сложная структура и состав пищевых продуктов могут привести к значительным отклонениям от идеального поведения простых или идеальных сред/материалов. Наконец, модель дополняется теплофизическими свойствами, коэффициентами переноса и другими параметрами. В большинстве случаев свойства материалов не являются постоянными величинами, а зависят от переменных состояния, например, содержания воды, температуры, а также пористости в деформируемых пористых материалах. Принимая во внимание суть этого обзора, цель модели, основанной на физике, состоит в том, чтобы описать и предсказать поведение деформации и связанные с ней переменные, такие как скорость твердого тела и пространственно-временная эволюция пористости. Однако, как уже упоминалось, движущие силы деформации обычно создаются процессами переноса тепла и массы, поэтому модели, основанные на физике, должны учитывать все задействованные явления. Это создает связанная система уравнений, для которой численная реализация не является простой (аналитические решения невозможны). К счастью, благодаря прогрессу в вычислительной мощности и наличию специализированного программного обеспечения решение этих моделей в настоящее время осуществимо (хотя и не очевидно). После решения модели необходимо сверить численные результаты с экспериментальными данными, т. е. гипотезы модели должны быть надлежащим образом проверены с использованием данных реального процесса. Впоследствии гипотезы модели могут быть изменены, чтобы лучше описать реальное поведение и, таким образом, получить более точную модель.

В общих чертах подход к моделированию, основанный на физике, имеет некоторые преимущества по сравнению с эмпирическим моделированием:

- Переменные, функции и параметры имеют физический смысл, поэтому результаты можно интерпретировать и объяснять с помощью определенной логики;
- Количество экспериментальных испытаний обычно сокращается, что сокращает затрачиваемое время и ресурсы;
- Отличное понимание процесса обеспечивается благодаря возможности проведения виртуальных экспериментов и полезных исследований, таких как анализ чувствительности и сценарии «что, если»;
- Улучшены возможности проектирования, прогнозирования, контроля и оптимизации продуктов/процессов.

Из-за этих преимуществ физические модели считаются ключевым элементом для разработки цифровых двойников и виртуализации пищевой промышленности или Индустрии 4.0. Недостатки этого подхода в основном связаны с реализацией физических моделей в пищевой промышленности. Основным узким местом, вероятно, является отсутствие данных о теплофизических и механических свойствах для широкого круга продуктов и процессов. В этом важном аспекте требуется дополнительная работа, подкрепленная адекватными экспериментальными методами, а также моделями, основанными на физике, которые можно использовать в качестве инструментов оценки с помощью обратной методологии. Кроме того, разработка и внедрение этих сложных моделей может быть трудной задачей, особенно в промышленной среде, поэтому для расширения их использования в приложениях пищевой промышленности необходимы более конкретные или адаптированные модели и программное обеспечение, а также образование и обучение.

До сих пор предыдущее описание носило довольно общий характер и сфокусировано на основной структуре моделирования, используемой в пищевой инженерии, т. е. на континуумном или макромасштабном подходе. Вкратце, макромасштабный подход основан на континуальной гипотезе и методах усреднения, где репрезентативный элементарный объем используется для описания «точки» бесструктурной континуальной области и для определения локальных макроскопических переменных. Кроме того, метод конечных элементов (МКЭ), вероятно, является наиболее часто используемым численным методом для решения уравнений этих макромасштабных моделей. С другой стороны, за последние 10-15 лет в пищевой инженерии стали применяться новые и многообещающие парадигмы моделирования, основанные на физике: микромасштабные и мультимасштабные подходы. В целом, микромасштабный подход направлен на описание поведения микроструктур, таких как коллоиды, клетки, полимеры, композиты, интерфейсы и молекулярные структуры. Эти сложные микроструктуры на самом деле являются компонентами бесструктурного сплошного материала макромасштабного подхода. Итак, идея состоит в том, чтобы смоделировать физико-химические и механические изменения, происходящие в этих мелких масштабах.

Многомасштабные модели определяются как иерархия взаимосвязанных подмоделей, которые описывают поведение материала в разных пространственных масштабах. Это интересный подход, поскольку биоматериалы на самом деле имеют иерархическую структуру. В этом смысле многомасштабное моделирование может обеспечить решение упомянутого узкого места макромасштабного моделирования в отношении физических свойств. Наиболее важным преимуществом этой парадигмы, вероятно, является явное включение деталей микроструктуры в модель, основанную на физике. Эта особенность, безусловно, увеличивает вышеупомянутые возможности и

возможности механистических моделей. Интересная альтернативная структура для многомасштабного моделирования обеспечивается теорией гибридных смесей, которая основана на механике сплошных сред. С той же целью включения микромасштабной информации в макромасштабные модели применение подходов мягкого вещества также может помочь получить лучшее понимание и полезные сведения о взаимосвязи между структурой и составом, а также свойствами и макроскопическим поведением пищевых продуктов.

Таким образом, существенной характеристикой физических или механистических моделей является то, что изменение объема и деформация материала описываются прямым и явным образом. Этот подход к моделированию основан на механике, т. е. баланс количества движения твердого тела используется для прогнозирования поведения продукта на основе механических свойств материала и движущих сил, создаваемых процессом. Таким образом, эта структура рассматривается здесь как наилучшее возможное решение для достижения глобальной цели развития научных знаний и полезных инструментов для описания и прогнозирования взаимосвязей между условиями обработки и поведением пищевых материалов.

Несмотря на указанные преимущества, формулировка и реализация этих моделей может оказаться сложной задачей. Таким образом, общее решение для уменьшения сложности этих формулировок состоит в том, чтобы избежать решения механической части мультифизической проблемы. То есть деформация твердого тела рассчитывается не через соответствующий баланс количества движения и механические свойства, а получается альтернативным путем, например, с использованием эмпирических, феноменологических и простых теоретических моделей. В таком случае модель каталогизируется здесь как гибридная, так как механическая задача не решается, но по-прежнему рассматриваются уравнения переноса тепла и массы. Другими словами, гибридные модели представляют собой упрощенную версию моделей, основанных на физике. В зависимости от степени упрощения и/или эмпиризма возможности гибридной модели будут ограничены по сравнению с полной или чисто физической моделью.

Наконец, стоит упомянуть важный аспект физических (и гибридных) моделей: геометрическое моделирование пищевых материалов в различных масштабах, т. е. процесс создания цифрового или виртуального представления структуры/геометрии реального продукта. После того, как модель сформулирована, необходимо определить виртуальную область для решения соответствующих уравнений. В случае моделирования реалистичной геометрии доступны различные методы визуализации для выполнения сбора данных. Некоторые исследователи [6] рекомендовали использовать методы, которые обеспечивающие трехмерные изображения, которые затем могут быть преобразованы в трехмерные твердотельные модели, чтобы получить всю возможную

информацию о геометрии и структуре материалов. В частности, 3D-модели способны описывать полную связность пористых материалов, что невозможно в 2D-моделях. К таким методам визуализации относятся рентгеновская компьютерная томография, оптические методы и магнитно-резонансная томография. В связи с этим исследователи [12] указали, что рентгеновская микрокомпьютерная томография обеспечивает уникальную возможность захвата неповрежденных трехмерных данных внутренней микроструктуры без значительной подготовки образца и неразрушающим способом. Эти авторы пришли к выводу, что геометрические модели будут значительно улучшены за счет использования данных, что приведет к более реалистичному моделированию и более точным решениям уравнений переноса.

## Выводы

Для описания и прогнозирования изменения объема и деформаций пищевых материалов в различных процессах применяется широкий спектр подходов к моделированию. В этой работе была предложена классификация таких моделей, основанная на способности прогнозирования и гипотезах каждого подхода: простые модели способны прогнозировать общее изменение объема и связанные свойства либо из эмпирических данных, либо из теоретических упрощений; модели, основанные на физике, могут предсказывать эволюцию локальной деформации и пористости, а также поле напряжений и связанные с ними величины посредством механического моделирования (модели, основанные на механике). В некоторых случаях механического моделирования избегают, используя теоретические предположения или полуэмпирические подходы для упрощенного вычисления скорости твердого тела (гибридные модели). Безусловно, моделирование на основе механики имеет соответствующие преимущества с точки зрения возможности прогнозирования и интерпретации вовлеченных явлений, предоставляя полезные инструменты и идеи для лучшего понимания взаимосвязей между составом и структурой сырья, условиями обработки и свойствами конечных продуктов.

## Литература

- [1] Aguilera J. M., Stanley D. W. Microstructural principles of food processing and engineering. – Springer Science & Business Media, 1999.
- [2] Bhagya Raj G. V. S., Dash K. K. Comprehensive study on applications of artificial neural network in food process modeling //Critical reviews in food science and nutrition. – 2022. – Т. 62. – №. 10. – С. 2756-2783.
- [3] Cuq B., Abecassis J., Guilbert S. State diagrams to help describe wheat bread processing // International journal of food science & technology. – 2003. – Т. 38. – №. 7. – С. 759-766.
- [4] Datta A. K. Porous media approaches to studying simultaneous heat and mass transfer in food processes. I: Problem formulations //Journal of food engineering. – 2007. – Т. 80. – №. 1. – С. 80-95.
- [5] Guessasma S. et al. Mechanical modelling of cereal solid foods //Trends in Food Science & Technology. – 2011. – Т. 22. – №. 4. – С. 142-153.
- [6] Ho Q. T. et al. Multiscale modeling in food engineering //Journal of food Engineering. – 2013. – Т. 114. – №. 3. – С. 279-291.
- [7] Joardder M. U. H., Kumar C., Karim M. A. Food structure: Its formation and relationships with other properties //Critical reviews in food science and nutrition. – 2017. – Т. 57. – №. 6. – С. 1190-1205.
- [8] Renzetti S., Jurgens A. Rheological and thermal behavior of food matrices during processing and storage: Relevance for textural and nutritional quality of food //Current Opinion in Food Science. – 2016. – Т. 9. – С. 117-125.
- [9] Roos Y. H. Glass transition temperature and its relevance in food processing //Annual review of food science and technology. – 2010. – Т. 1. – С. 469-496.
- [10] Swackhamer C., Bornhorst G. M. Fracture properties of foods: Experimental considerations and applications to mastication //Journal of Food Engineering. – 2019. – Т. 263. – С. 213-226.
- [11] Tornberg E. V. A. Effects of heat on meat proteins–Implications on structure and quality of meat products //Meat science. – 2005. – Т. 70. – №. 3. – С. 493-508.
- [12] Wang Z. et al. Visualizing 3D food microstructure using tomographic methods: Advantages and disadvantages //Annual review of food science and technology. – 2018. – Т. 9. – С. 323-343.

## References

- [1] Aguilera J. M., Stanley D. W. Microstructural principles of food processing and engineering. – Springer Science & Business Media, 1999.
- [2] Bhagya Raj G. V. S., Dash K. K. Comprehensive study on applications of artificial neural network in food process modeling //Critical reviews in food science and nutrition. – 2022. – Т. 62. – No. 10. – pp. 2756-2783.
- [3] Cuq B., Abecassis J., Guilbert S. State diagrams to help describe wheat bread processing //International journal of food science & technology. – 2003. – Т. 38. – No. 7. – pp. 759-766.
- [4] Datta A. K. Porous media approaches to studying simultaneous heat and mass transfer in food processes. I: Problem formulations // Journal of food engineering. – 2007. – Т. 80. – No. 1. – pp. 80-95.
- [5] Guessasma S. et al. Mechanical modeling of cereal solid foods // Trends in Food Science & Technology. – 2011. – Т. 22. – No. 4. – pp. 142-153.
- [6] Ho Q. T. et al. Multiscale modeling in food engineering // Journal of food engineering. – 2013. – Т. 114. – No. 3. – pp. 279-291.
- [7] Joardder M. U. H., Kumar C., Karim M. A. Food structure: Its formation and relationships with other properties //Critical reviews in food science and nutrition. – 2017. – Т. 57. – No. 6. – pp. 1190-1205.
- [8] Renzetti S., Jurgens A. Rheological and thermal behavior of food matrices during processing and storage: Relevance for textural and nutritional quality of food // Current Opinion in Food Science. – 2016. – Т. 9. – pp. 117-125.
- [9] Roos Y. H. Glass transition temperature and its relevance in food processing //Annual review of food science and technology. – 2010. – Т. 1. – pp. 469-496.
- [10] Swackhamer C., Bornhorst G. M. Fracture properties of foods: Experimental considerations and applications to mastication // Journal of Food Engineering. – 2019. – Т. 263. – pp. 213-226.
- [11] Tornberg E. V. A. Effects of heat on meat proteins–Implications on structure and quality of meat products //Meat science. – 2005. – Т. 70. – No. 3. – S. 493-508.
- [12] Wang Z et al. Visualizing 3D food microstructure using tomographic methods: Advantages and disadvantages // Annual review of food science and technology. – 2018. – Т. 9. – pp. 323-343.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ломакина Полина Анатольевна</b><br>студент кафедры «Пищевые производства»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br>технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11                                                                                        | <b>Lomakina Polina Anatolievna</b><br>student of the department «Food productions»<br>Penza State Technological University                                                                                                          |
| <b>Фролов Дмитрий Иванович</b><br>кандидат технических наук<br>доцент кафедры «Пищевые производства»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный<br>технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br><b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28<br><b>E-mail:</b> surr@bk.ru | <b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b><br>PhD in Technical Sciences<br>associate professor at the department of «Food productions»<br>Penza State Technological University<br><b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28<br><b>E-mail:</b> surr@bk.ru |

# ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 005.6

### Анализ эффективности внедрения системы менеджмента качества на российских предприятиях

*Богочанова К.С., Турусова А.Д., Чекайкин С.В.*

**Аннотация.** Внедрение системы менеджмента качества является одним из ключевых элементов в развитии предприятий в современном мире. В рамках написания данной статьи был проведен анализ данных об использовании системы менеджмента качества на российских предприятиях. Анализ включал в себя исследования научных статей, аналитических отчетов, тематической литературы. В ходе анализа было выявлено, что внедрение системы менеджмента качества на российских предприятиях легкой промышленности приводит к улучшению качества продукции, снижению производственных затрат и повышению ее конкурентоспособности на рынке. Кроме того, внедрение системы менеджмента качества на предприятии способствует улучшению организации рабочих процессов и снижению рисков, связанных с качеством продукции. На основе анализа результатов исследования можно заключить, что внедрение системы менеджмента качества является необходимым шагом для развития предприятий легкой промышленности.

**Ключевые слова:** управление, персонал, принцип, предприятие, менеджмент, качество, система.

**Для цитирования:** Богочанова К.С., Турусова А.Д., Чекайкин С.В. Анализ эффективности внедрения системы менеджмента качества на российских предприятиях // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 81–86.

### Analysis of the effectiveness of the implementation of the quality management system at russian enterprises

*Bogochanova K.S., Turusova A.D., Chekaykin S.V.*

**Abstract.** The introduction of a quality management system is one of the key elements in the development of light industry enterprises in the modern world. As part of writing this article, an analysis of data on the use of the quality management system at Russian light industry enterprises was carried out. The analysis included research of scientific articles, analytical reports, and thematic literature. During the analysis, it was revealed that the introduction of a quality management system at light industry enterprises leads to an improvement in product quality, a reduction in production costs and an increase in its competitiveness in the market. In addition, the introduction of a quality management system at the enterprise contributes to improving the organization of work processes and reducing risks associated with product quality. Based on the analysis of the research results, it can be concluded that the introduction of a quality management system is a necessary step for the development of light industry enterprises.

**Keywords:** management, personnel, principle, enterprise, management, quality, system.

**For citation:** Bogochanovo K.S., Turusova A.D., Chekaykin S.V. Analysis of the effectiveness of the implementation of the quality management system at russian enterprises. *Innovative Machinery and Technology* [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 81–86. (In Russ.).

## Введение

Внедрение системы менеджмента качества (СМК) влечёт за собой множество положительных изменений. Система менеджмента качества помогает выявить потенциальные дефекты и улучшить качество продукции в соответствии со стандартами и потребностями клиентов, оптимизировать производственные процессы и сократить время, затрачиваемое на выпуск продукции, обеспечить эффективность производства и быстрое реагирование на изменения рынка и потребностей клиентов. Улучшение взаимодействия с клиентами предполагает использование системы учета и анализа обратной связи от клиентов, что позволяет понимать их потребности и требования, а также улучшать продукцию для удовлетворения этих потребностей. Это помогает повысить лояльность клиентов благодаря высокому качеству продукции и внимательности к их требованиям. Кроме того, система менеджмента качества может помочь снизить затраты на производство, оптимизируя производственные процессы и уменьшая количество отходов.

Цель данной научной статьи заключается в проведении анализа эффективности внедрения системы менеджмента качества на российских предприятиях.

Задачи: 1) провести обзор литературы по теме исследования, выделить основные подходы и методы анализа эффективности системы менеджмента качества; 2) выбрать объекты исследования, определить критерии оценки эффективности системы менеджмента качества; собрать и проанализировать данные, полученные в результате исследования, сделать выводы о эффективности внедрения системы менеджмента качества на российских предприятиях; 3) сформулировать рекомендации по улучшению системы менеджмента качества на российских предприятиях.

Объект исследования: эффективность процесса внедрения системы менеджмента качества на предприятиях легкой промышленности.

## Объекты и методы исследований

В данном исследовании использовались различные методы общенаучных и экономических исследований, такие как диалектический, статистический, типологический, индуктивный и дедуктивный анализ, экспертные оценки и монографическое обследование. Для обработки информации использовались анализ и синтез, статистический анализ.

## Результаты

Корректное внедрение системы менеджмента качества на предприятие оказывает благоприятное влияние на работу предприятия, повышает лояльность клиентов, улучшает имидж предприятия.

В современных реалиях, главным ориентиром предприятия является желание потребителя. Производитель должен превзойти ожидания потребителя, что в свою очередь окажет благоприятное воздействие во взаимоотношениях с клиентами:

- увеличиться ценность для потребителей;
- потребительские ожидания будут оправданы;
- потребитель будет лояльнее относиться к производителю;
- готовность клиента к повторному сотрудничеству;
- повышение имиджа организации;
- рост потребительской базы;
- повысится рост прибыли и конкурентоспособности на рынке [1].

В приоритете у потребителя покупка актуальной, качественной продукции, по конкретной цене. Именно качество товара оказывает решающую роль в конкурентоспособности продукции. Эффективным инструментом обеспечения качества всех аспектов производственного процесса признана система менеджмента качества, впервые появившаяся в 1987 году [2]. Корректно внедрённая система менеджмента качества обеспечивает основу для планирования, выполнения, мониторинга и улучшения результатов деятельности в области менеджмента качества [1]. Система менеджмента качества должна быть понятной в применении, так же СМК должна точно отражать потребности организации.

Несмотря на то, что СМК существует уже три десятилетия, переход к новой системе качества до сих пор вызывает множество проблем. В данной статье рассмотрим некоторые из наиболее часто встречаемых проблем.

Зачастую внедрение системы менеджмента качества на российском предприятии не даёт ожидаемого эффекта, это связано со следующими факторами:

- 1) В первую очередь российские компании внедряют систему менеджмента качества не для наведения порядка на производстве, минимизирования дефектной продукции или же осуществления процесса постоянного совершенствования, а для совершения выгодных сделок, посредством повышения конкурентоспособности при участии в тендерах. При этом, зачастую, система менеджмента качества внедряется в экстренном порядке.

Для того, чтобы ускорить внедрение СМК привлекаются консультанты, которые помогают быстро обучить персонал азам для прохождения внешнего аудита, но уровня такого обучения недостаточно, чтобы произошли качественные изменения в работе организации [3].

2) Также основная проблема кроется в мышлении сотрудников предприятия, включая руководителей. Считается, что требования системы менеджмента качества носят лишь формальный характер и их соблюдение необязательно. Такое отношение обусловлено тем, что выполнение требований существующих нормативных документов всегда можно упразднить.

3) Часто существующие системы управления предприятием морально устарели. С учётом развития современной экономики, появлением новых требований к качеству, необходимо пересмотреть систему управления. Это сделать тяжело, так как сложившиеся традиции управления крепко держат свои позиции, поэтому на большинстве современных предприятий до сих пор применяется линейно-функциональная система управления. К минусам такой системы относится заинтересованность функциональных подразделений в выполнении своих заданий, при этом общие цели компании отодвигаются на второй план. К тому же, значимость мнения потребителя перестаёт учитываться, что далее негативно скажется на продажах.

Кроме того, необходимо уделить внимание физически и морально устаревшему оборудованию, использование которого не позволяет повысить качество продукции. Низкое качество продукции влечет за собой наказание сотрудников за выпуск бракованной продукции, что негативно сказывается на мотивации работников.

4) Следующая проблема связана с документацией системы менеджмента качества.

Во-первых, существующую документацию предприятия необходимо тщательно проработать и адаптировать к конкретным условиям. Комплект документов родственного предприятия, не всегда применим на аналогичном предприятии.

Во-вторых, не нужно пренебрежительно относиться к увеличению объема документации, так как прежде, чем ввести в оборот новый документ, он проходит тщательную проверку на соответствие его необходимости. Правильно действующая СМК упорядочивает документооборот [3].

В-третьих, принятые решения в ходе обсуждения вопросов, касающихся внедрения СМК и её функционирования, должны быть задокументированы. Каждый сотрудник предприятия должен ознакомиться с документом и применять принятые решения в рабочем процессе. Этапы внедрения СМК не должны быть скрыты, наоборот необходимо объяснять персоналу значимость грядущих изменений.

5) Для эффективного внедрения системы менеджмента качества нельзя нарушать порядок под-

готовки организации. Как правило, первым делом переписывают внутренние стандарты организации, корректируют их, контролируют выполнение, наказывают виновных, планируют дальнейшую деятельность. Такой подход признан ошибочным. План действий должен быть совершенно другим: сначала планируют, что и как можно улучшить, затем реализовывают улучшения, анализируют и дорабатывают их, после проделанной работы внедряется СМК [4-6].

6) Заинтересованность производителя в качестве произведённой продукции недостаточно высока, это связано с тем, что существующие законодательство не учитывает определённой и неминуемой ответственности за качество продукции [5].

7) Отсутствие компетентного руководителя играет решающую роль при внедрении СМК. Ключевой ресурс предприятия – персонал, владеющий знаниями, поэтому руководитель должен уделять большое внимание обучению, уровню знаний своих подчиненных, а также должен способствовать обеспечению постоянного роста общей культуры сотрудников [7].

Костяком любой организации является персонал, который совместными усилиями, выполняя свои должностные обязанности, достигает поставленные цели. Для того, чтобы организация работала как отлаженный механизм необходим четко разработанный план управления главным ресурсом предприятия – персоналом [8]. Внедрение системы менеджмента качества позволяет оптимизировать и систематизировать управление персоналом [9].

Персонал – это личный состав организации, включающий всех наемных работников, а также работающих собственников и совладельцев.

Основными показателями отнесения индивида к группе «персонал» являются [8-14]:

трудовой договор, который подтверждает наличие взаимоотношений работодателя и работника; отнесение работника к конкретной должности основано на качественных характеристиках, принадлежащих ему, например, квалификация, специальность, гибкие навыки.

Создание работнику условий для достижения целей предприятия.

Управление персоналом базируется на нескольких общих принципах:

Принцип целенаправленности управления включает в себя постановку целей разного ранга для каждого отдела. Из общего списка обязательно выделяется главная цель – миссия организации. Также определяются цели, с помощью которых можно достичь исполнение миссии предприятия. В ходе постановки целей, обязательно нужно ориентироваться на имеющиеся ресурсы для её достижения;

Принцип разделения труда включает в себя распределение персонала по уровням управления, для выполнения определённых функций. Данный

принцип помогает избежать излишнюю нагрузку на персонал каждого уровня;

Принцип ответственности заключается в несении наказания за невыполнение своих должностных обязанностей. Чем выше занимаемая должность, тем серьезнее должно быть наказание;

Принцип компетентности заключается во владении информацией об объекте управления, либо в умении воспользоваться компетентной консультацией;

Принцип стимулирования основан на применении материальных и моральных поощрений. Зачастую побуждение персонала основывается не только на денежном вознаграждении, а также на желании быть частицей в достижении сложной объемной цели, поэтому нельзя забывать о моральных стимулах.

Принцип иерархичности включает в себя подразделение управления на уровни, при этом низшие уровни управления подчиняются высшим.

Таким образом, можно сделать вывод, что общие принципы управления – это основные правила, соблюдение которых во многом определяют успех предприятия, как в финансовой, так и в социальной сферах.

### Обсуждение

Внедрение системы менеджмента качества на предприятие может принести множество преимуществ, таких как улучшение качества продукции или услуг, повышение удовлетворенности клиентов и их лояльности, снижение затрат на производство и улучшение эффективности бизнес-процессов, улучшение репутации предприятия и повышение конкурентоспособности на рынке, а также улуч-

шение взаимодействия между отделами и повышение уровня коммуникации внутри предприятия и управление рисками.

Однако, внедрение системы менеджмента качества на предприятие также имеет некоторые недостатки, такие как высокие затраты на внедрение и поддержание системы, необходимость постоянного обучения и обновления знаний сотрудников, возможность возникновения конфликтов между отделами и сотрудниками, необходимость строгого соблюдения процедур и правил, что может затруднить быстрое принятие решений, а также возможность возникновения излишней бюрократии и увеличения времени на выполнение задач.

### Выводы

После проведения анализа были сделаны следующие выводы:

- Российским предприятиям необходимо внедрить систему менеджмента качества и серьезно относиться к её требованиям, идея о формальности системы не должна быть допущена;
- Важность компетентного руководителя не может быть недооценена, так как именно он должен донести до персонала значимость внедрения системы менеджмента качества;
- Документация предприятия должна быть тщательно проработана и поддерживаться в актуальном состоянии;
- Приоритетом для предприятия должно быть удовлетворение потребностей клиентов;
- Корректное внедрение системы менеджмента качества оказывает благоприятное влияние на функционирование организации.

### Литература

- [1] ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь ISO 9000:2015 = Quality management systems - Fundamentals and vocabulary (IDT): национальный Стандарт Российской Федерации: издание официальное утверждено и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. № 1390-ст: введен впервые: дата введения 2015-11-01/ Подготовлен Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» (ОАО «ВНИИС») на основе аутентичного перевода на русский язык международного стандарта. – Москва: Стандартинформ, 2015. – Текст: непосредственный.
- [2] Васин, С. Г. Управление качеством. Всеобщий подход: учебник для бакалавриата и магистратуры / С. Г. Васин. – Москва:

### References

- [1] GOST R ISO 9000-2015. Quality management systems. The main provisions and vocabulary of ISO 9000:2015 = Quality management systems - Fundamentals and vocabulary (IDT): the National Standard of the Russian Federation: the official publication was approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 28, 2015. No. 1390-st: introduced for the first time: date of introduction 2015-11-01/ Prepared by the Open Joint Stock Company «All-Russian Scientific Research Institute of Certification» (JSC «VNIIS») on the basis of an authentic translation into Russian of the international standard. – Moscow: Standartinform, 2015. – Text: direct.
- [2] Vasin, S. G. Quality management. Universal approach: textbook for undergraduate and graduate studies / S. G. Vasin. – Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. 404 s. (Bachelor's and Master's degree. Academic course). ISBN 978-5-9916-3739-Text: electronic // Educational platform Yurayt. [site].URL: <https://urait.ru>.

- Издательство Юрайт, 2023. 404 с. (Бакалавр и магистр. Академический курс). ISBN 978-5-9916-3739-8. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/508140> (дата обращения: 05.05.2023). Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт.
- [3] Зекунов А.Г. Управление качеством: учебник для бакалавров / А. Г. Зекунов, В. Н. Иванов, В. М. Мишин, Ю. В. Пазюк, Т. И. Власова; под ред. А. Г. Зекунова. Москва: Юрайт, 2017.- 475 с. Серия: Бакалавр. Углубленный курс. ISBN 978-5-9916-2281-3. URL: <https://urait.ru/viewer/upravlenie-kachestvom-508974#page/2> (дата обращения: 05.05.2023). Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт. Текст: электронный.
- [4] Мардас, А. Н. Теория менеджмента: учебник для вузов / А. Н. Мардас, О. А. Гуляева. 2-е изд., испр. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2023. 307 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-534-07387-4. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/492204> (дата обращения: 05.05.2023). Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт.
- [5] Стратегический менеджмент: учебник и практикум для вузов / А. Т. Зуб. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2023. 375 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-534-03013-6. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/488958> (дата обращения: 05.05.2023).). Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт.
- [6] Лебедева, Е.А. «Анализ эффективности внедрения системы менеджмента качества на промышленных предприятиях» // Экономика и управление. 2018. № 2 (94). С. 56-61.
- [7] Гродзенский, С. Менеджмент качества: Учебное пособие / С. Гродзенский. М. Проспект, 2019. 200 с.
- [8] Управление персоналом: учебник и практикум для среднего профессионального образования / А. А. Литвинюк [и др.]; под редакцией А. А. Литвинюка. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2023. 498 с. (Профессиональное образование). ISBN 978-5-534-01594-2. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/489846> (дата обращения: 05.05.2023).
- [9] Маслова, В. М. Управление персоналом: учебник и практикум для вузов / В. М. Маслова. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2023. 431 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-534-09984-3. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/488711> (дата обращения: 05.05.2023).
- ru/bcode/508140 (accessed: 05.05.2023). Access mode: Electronic library system Yurayt.
- [3] Zekunov A.G. Quality management: textbook for bachelors / A. G. Zekunov, V. N. Ivanov, V. M. Mishin, Yu. V. Pazyuk, T. I. Vlasova; edited by A. G. Zekunov. Moscow.: Yurayt, 2017.- 475 p. Series: Bachelor. Advanced course. ISBN 978-5-9916-2281-3. URL: <https://urait.ru/viewer/upravlenie-kachestvom-508974#page/2> (accessed: 05.05.2023). Access mode: Electronic library system Yurayt. Text: electronic.
- [4] Mardas, A. N. Theory of management: textbook for universities / A. N. Mardas, O. A. Gulyaeva. 2nd ed., ispr. and add. Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. 307 s. (Higher education). ISBN 978-5-534-07387-4. Text: electronic // Yurayt educational platform [website]. URL: <https://urait.ru/bcode/492204> (accessed: 05.05.2023). Access mode: Electronic library system Yurayt.
- [5] Strategic management: textbook and workshop for universities / A. T. Zubov. 4th ed., reprint. and add. Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. 375 s. (Higher education). ISBN 978-5-534-03013-6. Text: electronic // Yurayt educational platform [website]. URL: <https://urait.ru/bcode/488958> (accessed: 05.05.2023).). Access mode: Electronic library system Yurayt.
- [6] Lebedeva, E.A. «Analysis of the effectiveness of the implementation of a quality management system at industrial enterprises» // Economics and Management. 2018. No. 2 (94). 56-61s.
- [7] Grodzensky, S. Quality management: Textbook / S. Grodzensky. M. Prospect, 2019. 200 s.
- [8] Personnel management: textbook and workshop for secondary vocational education / A. A. Litvinyuk [et al.]; edited by A. A. Litvinyuk. 2nd ed., reprint. and add. Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. 498 s. (Professional education). ISBN 978-5-534-01594-2. Text: electronic // Yurayt educational platform [website]. URL: <https://urait.ru/bcode/489846> (accessed: 05.05.2023).
- [9] Maslova, V. M. Personnel management: textbook and workshop for universities / V. M. Maslova. 4th ed., reprint. and add. Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. 431 s. (Higher education). ISBN 978-5-534-09984-3. Text: electronic // Educational platform Yurayt [website]. URL: <https://urait.ru/bcode/488711> (accessed: 05.05.2023).
- [10] Management: textbook for secondary vocational education / Yu. V. Kuznetsov [et al.]; edited by Yu. V. Kuznetsov. Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. 448 s. (Professional education). ISBN 978-5-534-02995-6. Text: electronic // Educational platform Yurayt [website]. URL: <https://urait.ru/bcode/514107> (date of reference: 07.05.2023).
- [11] Loganina, V.I. Development of a quality management system at enterprises. Practical guide. / V.I. Loganina. M.: KDU, 2018. 148 s.
- [12] Shemyakina, T.Y. Production management: upr. Quality.: Textbook / T.Y. Shemyakina, M.Y. Selivokhin. M.: Alfa-M, 2018. 160 s.

- [10] Менеджмент : учебник для среднего профессионального образования / Ю. В. Кузнецов [и др.] ; под редакцией Ю. В. Кузнецова. Москва: Издательство Юрайт, 2023. 448 с. (Профессиональное образование). ISBN 978-5-534-02995-6. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/514107> (дата обращения: 05.05.2023).
- [11] Логанина, В.И. Разработка системы менеджмента качества на предприятиях. Практическое руководство. / В.И. Логанина. М.: КДУ, 2018. 148 с.
- [12] Шемякина, Т.Ю. Производственный менеджмент: упр. Качества.: Учебное пособие / Т.Ю. Шемякина, М.Ю. Селивохин. М.: Альфа-М, 2018.160 с.
- [13] Серенков, П.С. Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации / П.С. Серенков, В.Л. Гуревич, В.М. Романчак. М.: Инфра-М, 2018. 149 с.
- [14] Савкина, Р.В. Планирование на предприятии / Савкина Р.В., 2-е изд. Москва: Дашков и К, 2018. 320 с.
- [13] Serenkov, P.S. Methods of quality management. Methodology of standardization risk management / P.S. Serenkov, V.L. Gurevich, V.M. Romanchak. M.: Infra-M, 2018. 149 s.
- [14] Savkina, R.V. Planning at the enterprise / Savkina R.V., 2nd ed. Moscow: Dashkov and K, 2018. 320 s.

#### Сведения об авторах

#### Information about the authors

|                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Богочанова Кристина Сергеевна</b><br>магистрант<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br><b>E-mail:</b> bogochanova.kristina@bk.ru                                                           | <b>Bogochanova Kristina Sergeevna</b><br>undergraduate<br>Penza State Technological University<br><b>E-mail:</b> bogochanova.kristina@bk.ru                                                           |
| <b>Турусова Анастасия Дмитриевна</b><br>студент<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11                                                                                                           | <b>Turusova Anastasia Dmitrievna</b><br>student<br>Penza State Technological University                                                                                                               |
| <b>Чекайкин Сергей Васильевич</b><br>кандидат технических наук<br>заведующий кафедрой «Техническое управление качеством»<br>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»<br>440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11<br><b>E-mail:</b> cheksv@mail.ru | <b>Chekaikin Sergey Vasilievich</b><br>PhD in Technical Sciences<br>head of the department of «Technical quality management»<br>Penza State Technological University<br><b>E-mail:</b> cheksv@mail.ru |

## Тенденции производства сливочного масла в России

*Зимняков В.М.*

**Аннотация.** В статье отражены значение и польза сливочного масла в рационе питания человека, представлен состав традиционного сливочного масла. Статья посвящена вопросам производства сливочного масла в России, приведены данные об объемах производства сливочного масла, объем производства сливочного масла в России в 2021 году составил 272,8 тыс. тонн, что на 3,2% (на 9,0 тыс. тонн) меньше, чем в 2020 году. Представлена структура производства сливочного масла по федеральным округам. Отмечены главные критерии качества сливочного масла. Потребление сливочного масла на душу населения в стране колеблется на уровне 2,2 – 2,5 кг в год. Сливочное масло производится в России двумя способами: методом сбивания и методом преобразования высокожирных сливок. Метод преобразования высокожирных сливок по сравнению с методом сбивания является более предпочтительным. Проведен анализ ассортимента и качества сливочного масла «Крестьянское» 72,5% разных производителей, реализующих свою продукцию на территории Пензенской области. Наибольшей конкурентоспособностью по соотношению цены и качества обладает масло Крестьянское 72,5% производителей ОАО «Молочный комбинат Энгельский» и ОАО Маслозавод «Наровчатский».

**Ключевые слова:** сливочное масло, виды масла, рынок сливочного масла, объем производства, импорт сливочного масла, производители масла, прогноз производства.

**Для цитирования:** Зимняков В.М. Тенденции производства сливочного масла в России // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 87–94.

## Butter production trends in Russia

*Zimnyakov V.M.*

**Abstract.** The article reflects the importance and benefits of butter in the human diet, the composition of traditional butter is presented. The article is devoted to the production of butter in Russia, data on the volume of butter production are given, the volume of butter production in Russia in 2021 amounted to 272.8 thousand tons, which is 3.2% (9.0 thousand tons) less than in 2020. The structure of butter production by federal districts is presented. The main criteria for the quality of butter are noted. The consumption of butter per capita in the country fluctuates at the level of 2.2 – 2.5 kg per year. Butter is produced in Russia in two ways: by churning and by converting high-fat cream. The method of converting high-fat cream in comparison with the method of churning is more preferable. The analysis of the assortment and quality of butter «Peasant» 72.5% of different manufacturers selling their products in the Penza region. Peasant butter has the greatest competitiveness in terms of price and quality, 72.5% of producers of JSC Engelsky Dairy Plant and JSC Narovchatsky Creamery.

**Keywords:** butter, types of butter, butter market, production volume, butter imports, butter producers, production forecast.

**For citation:** Zimnyakov V.M. Butter production trends in Russia. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 1. pp. 87–94. (In Russ.).

## Введение

Сливочное масло (коровье) – пищевой продукт, представляющий собой концентрат молочного жира (78-82,5%). Молочный жир отличается ценными биологическими и вкусовыми качествами. Основной состав традиционного сливочного масла включает в себя жира 82,5%, белков 0,5%, влаги до 16,0%, ненасыщенных жирных кислот в среднем 2,5%, витамины А, Е, группы В, каротин, а также микроэлементы: натрий, калий, кальций, магний, фосфор, железо [6].

В сливочном масле содержится высокая концентрация витамина А, которого нет ни в одном из видов растительных масел. Примерно 50 г масла в день способны восполнить треть от необходимой нормы в этом витамине, который поддерживает иммунную систему и улучшает зрение. Кроме того, сливочное масло благодаря жировой основе помогает усваиваться таким витаминам, как витамин Е, витамин D и витамины группы В, которым необходимы натуральные жиры для полного усвоения [2]. Олеиновая кислота, которая содержится в сливочном масле, помогает организму в профилактике раковых заболеваний. Помимо витаминов в нем содержится более 150 жирных кислот, среди них 20 незаменимых, то есть таких, которые организм не может вырабатывать сам и должен получать извне. В состав масла входят также натрий, цинк, марганец, медь, железо и кальций [3].

Сливочное масло в России всегда воспринималось и воспринимается как один из основных продуктов питания. Несколько поколений отечественных ученых и практиков внесли большой вклад в успехи российских маслоделов. Поистине сливочное масло можно считать национальным продуктом [5]. . Современное состояние отечественного маслоделия характеризуется устойчивостью производства и некоторым ростом. Однако в отрасли наблюдается недостаток высокопроизводительных, высоко инновационных разработок, связанных с переработкой сырья, оптимизацией ассортимента в соответствии с требованиями мировых тенденций [8,10,11,12,14]. Причина увеличения объемов производства сливочного масла может быть обусловлена тем, что часто импортная продукция завозится в Россию в промышленной таре и уже в нашей стране расфасовывается в потребительскую упаковку с указанием настоящей страны – производителя, и часто такая продукция оказывается низкого качества и, нередко, с фальсифицированным составом. По данным представителей «Союзмолоко», сливочное масло относится к наиболее подверженному фальсификату продукции молочной отрасли, где процент некачественной продукции может достигать до 20%.

Авторы [1] исследовали фальсификацию сливочного масла растительными маслами и их роль в метаболизме человека. Определяли жирнокислотный состав сливочного масла разных производи-

телей (10 образцов). По результатам полученных исследований при анализе 10 образцов было выявлено, что среди них максимальное количество, а именно 8, были фальсифицированы. Фальсификация указывает на наличие таких масел, как пальмино-е, пальмовое, пальмоядровое или кокосовое. Лишь только 2 образца из 10 не были фальсифицированы и соответствовали оптимальному жирнокислотному составу в соответствии с ГОСТ 31663-2012 [1].

Производство сливочного масла в Российской Федерации обладает наименьшей рентабельностью из всего ассортимента молочной продукции, а нередко и вовсе является убыточным. Для повышения экономического потенциала отечественного маслоделия и уровня конкурентоспособности его продукции, необходима разработка национальной программы по развитию молочной отрасли на основе инновационных технологий.

Цель работы: анализ объемов производства сливочного масла в России в целом, производство по федеральным округам и регионам, повышение физико-химических и питательных свойств сливочного масла за счет внесения растительных компонентов, а также анализ уровня цен на сливочное масло.

## Объекты и методы исследований

Изучение и анализ литературных источников, статистических данных. В процессе обработки исходной информации и других привлеченных аналитических материалов применялись анализ и синтез, логический, корреляционный и статистический анализ и др. Методикой исследования служили методы экономико-статистического, логического функционального анализа, объединенные общностью системного подхода к проблемам производства сливочного масла.

## Результаты и их обсуждение

Сливочное масло в зависимости от особенностей технологии изготовления подразделяют на [15]:

- сладко-сливочное;
- кисло-сливочное.

Сладко-сливочное и кисло-сливочное масло подразделяют на:

- несоленое;
- соленое.

Сливочное масло производится в России двумя способами: методом сбивания, который состоит в концентрировании молочного жира сепарированием молока, сбивании охлажденных сливок и механической обработки масляного зерна и методом преобразования высокожирных сливок. Метод преобразования высокожирных сливок по сравнению с методом сбивания является более предпочтительным (Табл. 1). Преимуществом этого метода по

Таблица 1 - Анализ способов производства сливочного масла

| Метод сбивания сливок в маслоизготовителях непрерывного действия                |  | Метод преобразования высокожирных сливок            |  |
|---------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------|--|
| Преимущества                                                                    |  |                                                     |  |
| Хорошая намазываемость масла                                                    |  | Отличное диспергирование влаги                      |  |
| Хорошая термоустойчивость                                                       |  | Низкая бактериальная обсемененность                 |  |
| Высокая механизация производственного процесса                                  |  | Высокая стойкость масла в хранении                  |  |
|                                                                                 |  | Пониженное содержание воздуха                       |  |
|                                                                                 |  | Экономичное использование производственных площадей |  |
|                                                                                 |  | Кратковременность производственного цикла           |  |
|                                                                                 |  | Сравнительно меньший расход холода                  |  |
| Недостатки                                                                      |  |                                                     |  |
| Высокое содержание воздуха. Часто встречающийся порок консистенции – «рыхлость» |  | Низкая термоустойчивость                            |  |
| Повышенная обсемененность микрофлорой                                           |  | Более низкая отделяемость плазмы при перетопке      |  |
| Длительностьпроизводственного процесса (около 24 ч)                             |  | Повышенное содержание жира в плазме                 |  |
| Сравнительно повышенный отход жира в пахту (0,7 %)                              |  |                                                     |  |
| Неравномерность состава и качества одной выработки (партии)                     |  |                                                     |  |

сравнению с методом сбивания сливок в маслоизготовителях непрерывного действия на современном этапе развития маслодельной отрасли является его более высокая эффективность при переработке небольших объемов молока, более низкие производственные потери сырья, а также высокая мобильность, позволяющая вырабатывать практически весь существующий ассортимент сливочного масла, включая его разновидности с вкусовыми наполнителями, в том числе и низкожирные.

Наиболее распространенными недостатками сливочного масла, выработанного методом сбивания сливок в маслоизготовителях непрерывного действия, являются недостаточная пластичность и незначительная рыхлость масла. Эти пороки появляются вследствие низкой интенсивности механической обработки продукта на завершающей стадии технологического процесса и повышенным содержанием в нем воздуха. Консистенция масла выработанного методом преобразования высокожирных сливок, плотная и пластичная, однако, это масло уступает маслу, выработанному методом сбивания сливок по термоустойчивости, а это важный показатель, имеющий большое значение для потребителя.

Методы производства влияют на структуру и физико-химические свойства сливочного масла. Однако при строгом соблюдении требований к выполнению технологических операций в процессе выработки сливочного масла качество и потребительские показатели готового продукта остаются высокими и отвечают всем требованиям, предъявляемым к нему действующими нормативно-техническими документами. Для подавляющего большинства потребителей метод производства не является определяющим фактором при оценке вкусовых достоинств и потребительских характеристик сливочного масла [15].

Объем производства сливочного масла в Рос-

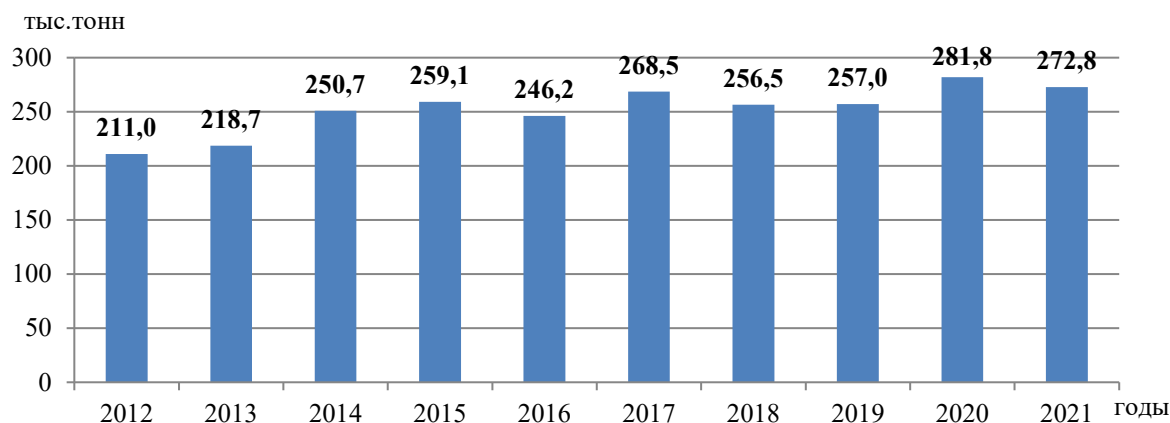
сии в 2021 году, по данным Росстата, составил 272,8 тыс. тонн, что на 3,2% (на 9,0 тыс. тонн) меньше, чем в 2020 году. За 5 лет (2016-2021 г.г.) объемы производства выросли на 10,8% (на 26,6 тыс. тонн). На протяжении последних трех лет в России наблюдался как спад, так и подъем производства сливочного масла.

Анализируя объемы производства сливочного масла в России за последние десять лет (с 2012 по 2021 годы), можно отметить, что он возрос с 211,0 тыс. тонн в 2012 году до 272,8 тыс. тонн в 2021 году, прирост производства составил 29,3% (Рис. 1). По итогам 2021 года производство сливочного масла в России составило 272,8 тыс. тонн, на 2,1% ниже 2020 года.

Анализируя производство сливочного масла по федеральным округам можно отметить, что лидерами производства сливочного масла в 2021 году являются Приволжский, Центральный и Сибирский федеральные округа. ПФО произвел в 2021 году 81294,9 тонн (30,1%) сливочного масла, ЦФО – 73178,2 тонн (27,9%) и СФО – 48874, тонн (17,9%) [7]. В совокупности на их долю в 2021 г. пришлось 75,9% всего производства этой продукции (Рис. 2).

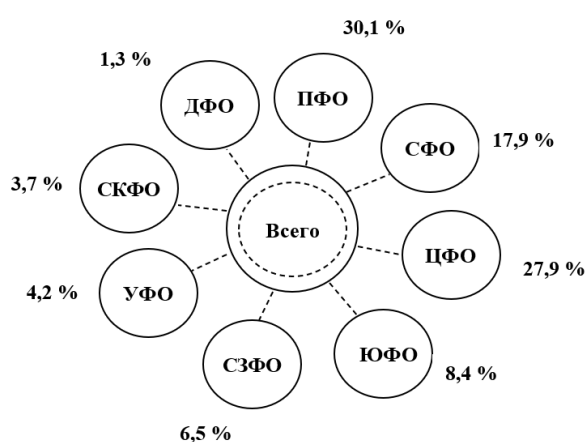
Лидеры среди регионов-производителей сливочного масла – Алтайский край (7,8% объема производства продукции), Республика Татарстан (7,6%), Воронежская область (5,8%), Пермский край (4,8%), Удмуртская Республика (4,3%). В совокупности на ТОП-5 регионов приходится 30,4% объема производства сливочного масла в России в 2021 году. Крупнейшими производителями сливочного масла в регионах России являются: АО «Данон Россия», АО Фирма «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева, АО «Нижегородский масло-жировой комбинат», АО «Жировой комбинат», ОАО «Милком» и др.

Производство масла в России после снижения



\* По данным Росстата

Рис. 1. Производство сливочного масла в России в 2012-2021 гг., тыс. тонн



\* По данным Росстата

Рис. 2. Производство сливочного масла в России по федеральным округам

в 2021 году начало расти. Всего в январе-апреле 2022 года в России было произведено 96 тыс. тонн сливочного масла, на 12% (+10 тыс. тонн) больше, чем в соответствующий период 2021 года. В первой тройке лидеров по объему производства в январе-апреле 2022 Воронежская область (6 613 тонн), Республика Татарстан (6 593 тонн) и Алтайский край (6 581 тонн). Республика Татарстан нарастила производство по сравнению с 2021 годом на 38% (+1,8 тыс. тонн). Алтайский край увеличил производство

на 11% (+658 тонн). В Воронежской области рост производства составил 2,4% (+152 тонн) (Рис.3).

Также в первую десятку производителей вошли такие регионы, как Пермский край, Краснодарский край (с Республикой Адыгеей), Удмуртская Республика, Вологодская область, Московская область с Москвой, Омская и Брянская области.

Другие регионы из первой десятки также увеличили производство по сравнению с январем-апрелем 2022 года. В Пермском крае производство сливочного масла выросло на 2,5% (+128 тонн), Краснодарский край увеличил производство на 33% (+1,2 тыс тонн), Удмуртская Республика на 22% (+799 тонн), Вологодская на 21,5% (+724 тонн), Омская на 6,3% (+199 тонн) и Брянская на 23% (+600 тонн).

По последним данным Росстата в 2022 году российскими предприятиями было выпущено 314 120 тонн сливочного масла, что на 13,2% выше по сравнению с результатами 2021 года.

Потребление сливочного масла на душу населения в РФ колеблется на уровне 2,2–2,5 кг в год и отстает от показателей потребления этого продукта населением стран ЕС. Проведенный опрос [4] показал, что при покупке масла сливочного 40% респондентов ориентируется на производителя, 23% – на марку, 37% опрошенных связывают вопросы

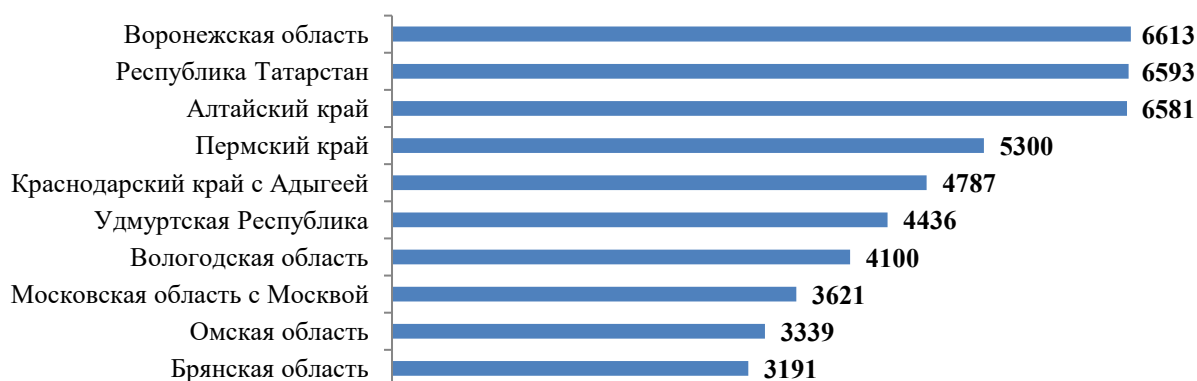


Рис. 3. ТОП-10 регионов по производству сливочного масла в январе-апреле 2022 года, тонн



Рис. 4. Главные критерии качества сливочного масла



Рис. 5. Исследуемые виды сливочного масла разных производителей

здорового питания с употреблением сливочного масла [4, с.144].

Снижение доходов населения может изменить структуру потребления россиян и увеличить соотношение дешевых продуктов к заменителям молочного жира. По сливочному маслу уровень условной самообеспеченности колеблется на уровнях предыдущих годов порядка 68-70% [7, с.38].

В условиях современного рынка имеется множество производителей, которые существуют в рамках достаточно жесткой конкуренции, основным принципом которой является высокое качество производимой продукции. Современный потребитель уже не тот, что был несколько лет назад. Посещая торговые сети, мы часто замечаем, что люди внимательно изучают этикетки, надеясь найти продукт хорошего качества. Главные критерии качественного масла отражены на рисунке 4.

Сливочное масло – высококалорийный про-

дукт, изготавливаемый из сливок молока коров, который имеет

высокую популярность среди россиян. Сливочное масло подчеркивает, или, наоборот, смягчает вкус различных продуктов, таких как рыба или красная икра.

Качество вырабатываемого сливочного масла зависит от таких факторов как:

- качество сырья;
- выполнение технологических требований;
- соблюдение высокого санитарного режима;
- условия хранения.

Технология производства сливочного масла может осуществляться двумя способами: механическим взбиванием сливок и преобразованием высокожирных сливок. Большей популярностью для производства обширного количества продукта пользуется второй способ. Иногда сливочное масло «расползается» при комнатной температуре - это яв-

Таблица 2 - Характеристика сливочного масла Крестьянское 72,5% разных производителей

| Показатель                     | ООО «Молочный комбинат Энгельский»                                   | ОАО Маслозавод «Наровчатский»                                                                | ОАО «Каменский маслозавод»                                            | ООО Сердобский маслозавод «Мечта»                                                                                    |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Масса, г.                      | 180                                                                  | 200                                                                                          | 200                                                                   | 200                                                                                                                  |
| Химический состав              | Белок – 1 г, углевод –1,4 г.                                         | Белок – 1 г, углевод –1,4 г.                                                                 | Белок – 1 г, углевод –1,4 г.                                          | Белок – 1 г, углевод –1,4 г.                                                                                         |
| Энергетическая ценность (ккал) | 662                                                                  | 662                                                                                          | 662                                                                   | 600                                                                                                                  |
| Состав                         | Сливки пастеризованные                                               | Сливки пастеризованные                                                                       | Сливки пастеризованные                                                | Сливки пастеризованные                                                                                               |
| Добавки                        | –                                                                    | –                                                                                            | –                                                                     | –                                                                                                                    |
| Срок годности                  | 35 суток при t 4°C, при относительной влажности воздуха не более 90% | С относительной влажностью воздуха от 80 до 90%, 120 суток при t -16°C, при t 3±2°C 35 суток | 35 суток при t 3±2°C при относительной влажности воздуха не более 90% | С относительной влажностью воздуха не более 90%, 35 суток при t 3±2°C, 60 суток при t 6±3°C, 120 суток при t -16±3°C |
| Стандарт                       | ГОСТ- 31453-2013                                                     | ГОСТ –32261-2013                                                                             | ГОСТ –32261-2013                                                      | ГОСТ –32261-2013                                                                                                     |
| Стоимость, рублей за 1 кг.     | 480                                                                  | 420                                                                                          | 520                                                                   | 460                                                                                                                  |

Таблица 3 - Оценка органолептических показателей сливочного масла

| Наименование показателя | Оценка в баллах               |                                    |                            |                                   |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|                         | ОАО Маслозавод «Наровчатский» | ООО «Молочный комбинат Энгельский» | ООО «Каменский маслозавод» | ООО Сердобский маслозавод «Мечта» |
| Вкус и запах            | 9                             | 8                                  | 6                          | 5                                 |
| Консистенция            | 5                             | 4                                  | 3                          | 3                                 |
| Цвет                    | 2                             | 2                                  | 2                          | 2                                 |
| Упаковка и маркировка   | 3                             | 3                                  | 2                          | 2                                 |
| Общий балл              | 19                            | 17                                 | 13                         | 12                                |

ляется следствием нарушения температурного режима на стадии преобразования сливок или созревания масла. Пищевая ценность при этом несколько не уменьшается, а порок консистенции не является браковочным признаком. Но каким бы способом не изготавливалось масло, оно должно отвечать требованиям и нормам хранения. Его структура должна быть однородной и плотной. При температуре 12-14°C масло не должно крошиться, также на срезе допускается появление маленьких капель воды. В соответствии с ГОСТ 32261-2013 «Масло сливочное. Технические условия» в России производится несколько сортов масла (из свежих или сквашенных сливок, с разной жирностью, соленое или несоленое). Каждый потребитель может выбрать продукт, максимально соответствующий собственным пищевым предпочтениям [16, с.144].

В Пензенском ГАУ был проведен анализ ассортимента и качества сливочного масла «Крестьянское» 72,5% разных производителей, реализующих свою продукцию на территории Пензенской области. В задачи исследования входило: рассмотреть ассортимент сливочного масла; провести анализ образцов на соответствие требованиям нормативно - технической документации; провести оценку конкурентоспособности сливочного масла разных производителей.

Для сравнения качественных показателей было взято сливочное масло «Крестьянское» 72,5% следующих производителей: ОАО Маслозавод «Наровчатский», ООО «Молочный комбинат Энгельский», ООО «Каменский маслозавод», ООО Сердобский маслозавод «Мечта» (Рис. 5).

В торговых сетях г. Пенза соблюдается принцип конкуренции, поскольку сливочное масло, реализуемое в них, произведено не только разными фирмами в районах Пензенской области: Наровчатский район (ОАО Маслозавод «Наровчатский»), Каменский район (ООО «Каменский маслозавод») и Сердобский район (ООО «Мечта»), но и за её пределами – Саратовская область: ООО «Молочный комбинат Энгельский». Была изучена информация, указанная на этикетках сливочного масла, произведена дегустация.

В таблице 2 приведен состав и характеристика сливочного масла Крестьянское 72,5% разных производителей.

В лаборатории по переработке молока Пензенского ГАУ была проведена органолептическая оценка исследуемых образцов сливочного масла.

По результатам органолептической оценки дегустационной комиссией наибольшее количество баллов получили образцы производителей ОАО

Маслозавод «Наровчатский» и ООО «Молочный комбинат Энгельский».

Таким образом, можно подвести итог, что наибольшей конкурентоспособностью по соотношению цены и качества обладает масло Крестьянское 72,5% производителей ОАО «Молочный комбинат Энгельский» и ОАО Маслозавод «Наровчатский».

### Выводы

1. Анализируя производство сливочного масла в России за последние десять лет с 2012 по 2021 годы, можно отметить, что оно возросло с 211,0

тыс. тонн в 2012 году до 272,8 тыс. тонн в 2021 году, прирост производства составил 29,3%.

2. Лидерами производства сливочного масла в 2021 году являлись Приволжский, Центральный и Сибирский федеральные округа. ПФО произвел в 2021 году 81294,9 тонн (30,1%) сливочного масла, ЦФО – 73178,2 тонн (27,9%) и СФО – 48874, тонн (17,9%).

3. В условиях современного рынка производители сливочного масла существуют в рамках достаточно жесткой конкуренции, основным принципом которой является высокое качество производимой продукции.

### Литература

- [1] Бебнева, Я.О., Безродный С.Л., Гераскин Е.В. Выявление фальсификации сливочного масла растительными маслами и их роль в метаболизме человека. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2021. – № 2. – С. 51-59.
- [2] Брикота, Т.Б., Ксёиз М.В. Витаминные добавки растительного происхождения для сливочного масла с функциональными свойствами// Сфера услуг: инновации и качество. – 2013. – № 12. – С. 43.
- [3] Брикота, Т.Б., Федорова Н.Б., Барышева И.Н. Использование пищевых добавок растительного происхождения в создании сливочных масел пониженной жирности. Новая наука: Стратегии и векторы развития. – 2015. – № 1 (1). – С. 55-59.
- [4] Бронникова, В.В., Кирьянова Г.П. Рынок сливочного масла РФ: современное состояние и перспективы. Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2021. – № 3. – С. 136-147.
- [5] Васин, В.В., Тарасюк В.И. Сливочное масло, его качество и здоровье потребителя. Переработка молока. – 2012. – № 5 (151). – С. 14-15.
- [6] Вышемирский, Ф.А. «Коровье» масло в современном питании. Сыроделие и маслоделие. 2012. – № 3. – С. 61-64.
- [7] Дорошенко, А.А. Обзор рынка сливочного масла России 2020-2021 г. В сборнике: Использование современных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. пос. Персиановский, 2021. – С. 37-40.
- [8] Захарова, Л.М., Абушахманова Л.В. Обоснование использования соевой клетчатки в рецептуре сливочного масла пониженной жирности. В сборнике: Пищевые инновации и биотехнологии. Материалы V Международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой

### References

- [1] Bebneva, Ya.O., Bezrodny S.L., Geraskin E.V. Identification of falsification of butter by vegetable oils and their role in human metabolism. Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. - 2021. – No. 2. – pp. 51-59.
- [2] Brikota, T.B., Ksenz M.V. Vitamin supplements of vegetable origin for butter with functional properties // Sphere of services: innovations and quality. – 2013. – No. 12. – p. 43.
- [3] Brikota, T.B., Fedorova N.B., Barysheva I.N. The use of food additives of vegetable origin in the creation of low-fat butter. New Science: Strategies and vectors of development. – 2015. – № 1 (1). – Pp. 55-59.
- [4] Bronnikova, V.V., Kiryanova G.P. The butter market of the Russian Federation: current state and prospects. Fundamental and applied research of the cooperative sector of the economy. 2021. – No. 3. – pp. 136-147.
- [5] Vasin, V.V., Tarasyuk V.I. Butter, its quality and consumer health. Milk processing.
- [6] Vyshemirsky, F.A. «Cow» oil in modern nutrition. Cheese-making and butter-making. 2012. – No. 3. – pp. 61-64.
- [7] Doroshenko A.A. Overview of the butter market in Russia 2020-2021. Doroshenko, A.A. In the collection: The use of modern technologies in agriculture and the food industry. Materials of the international scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists. Persianovsky, 2021. – pp. 37-40.
- [8] Zakharova, L.M., Abushakhmanova L.V. Justification of the use of soy fiber in the formulation of low-fat butter. In the collection: Food innovations and Biotechnologies. Materials of the V International Scientific Conference. Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University). – 2017. – pp. 61-62.
- [9] Zimnyakov V.M. Economic and technological aspects of production and processing of livestock products: monograph / V.M. Zimnyakov, I.V. Gavryushina. – Penza: RIO PGSHA, 2016. – 178s.
- [10] Tuch, V.V., Naidenova A.A., Kornena E.P., Brikota T.B., Kalmanovich S.A. Research of consumer

- промышленности (университет)». – 2017. – С. 61-62.
- [9] Зимняков, В.М., Гаврюшина И.В. Экономико – технологические аспекты производства и переработки продукции животноводства: Монография. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 178с.
- [10] Туча, В.В., Найденова А.А., Корнена Е.П., Брикота Т.Б., Калманович С.А. Исследование потребительских свойств сливочных масел, обогащенных биологически активными добавками. Новые технологии. – 2010. – № 3. – С. 52-55.
- [11] Мусаев, Ф.А., Грибановская Е.В., Захарова О.А., Антонова Е.М. Качество сливочного масла с молочно-белковыми добавками и фруктово-ягодными наполнителями и его конкурентоспособность. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 1 (37). – С. 57-62.
- [12] Конькова, Ю.В. Мамаев А.В., Родина АН. Д. Функциональное сливочное масло с каротинсодержащей добавкой растительного происхождения. Евразийский союз ученых. – 2015. – № 2-4 (11). – С. 65-66.
- [13] Молочная отрасль 2021: [справочник] / сост.: А.С. Белов, А.А. Воронин, А.В. Груздев, М.Э. Жебит, Р.С. Рожков [и др.] – Москва, Национальный союз производителей молока, 2021 – 388 с.
- [14] Рашевская, Т.А. Связь влаги в сливочном масле с добавкой криопорошка свеклы. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1999. – № 1 (248). – С. 36-38.
- [15] Стаховский, В.А. Влияние методов производства на качество сливочного масла. Переработка молока. – 2013. – № 6 (164). – С. 14-16.
- [16] Шмат, Е.В., Романова А.В. Производственный контроль технологий производственных процессов сливочного масла. Аллея науки. 2018. Т. 3. № 1 (17). С. 344-347.
- properties of butter enriched with biologically active additives. New technologies. - 2010. – No. 3. – pp. 52-55.
- [11] Musaev, F.A., Gribanovskaya E.V., Zakharova O.A., Antonova E.M. The quality of butter with milk-protein additives and fruit and berry fillers and its competitiveness. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. – 2018. – № 1 (37). – Pp. 57-62.
- [12] Konkova, Yu.V. Mamaev A.V., Rodina AN. D. Functional butter with a carotene-containing additive of vegetable origin. Eurasian Union of Scientists. – 2015. – № 2-4 (11). – Pp. 65-66.
- [13] Dairy industry 2021: [reference] / comp.: A.S. Belov, A.A. Voronin, A.V. Gruzdev, M.E. Zhebit, R.S. Rozhkov [et al.] – Moscow, National Union of Milk Producers, 2021 – 388 p.
- [14] Rashevskaya, T.A. The relationship of moisture in butter with the addition of beet cryopowder. News of higher educational institutions. Food technology. – 1999. – № 1 (248). – Pp. 36-38.
- [15] Stakhovsky, V.A. The influence of production methods on the quality of butter. Milk processing. – 2013. – № 6 (164). – Pp. 14-16.
- [16] Shmat, E.V., Romanova A.V. Production control of butter production process technologies. Alley of Science. 2018. Vol. 3. No. 1 (17). pp. 344-347.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Зимняков Владимир Михайлович</b><br/> доктор экономических наук<br/> профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции»<br/> ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»<br/> 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30<br/> Тел.: +7(927) 444-33-22<br/> E-mail: zimnyakov@bk.ru</p> | <p><b>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich</b><br/> D.Sc. in Economics<br/> professor at the department of «Agricultural products processing»<br/> Penza State Agrarian University<br/> <b>Phone:</b> +7(927) 444-33-22<br/> <b>E-mail:</b> zimnyakov@bk.ru</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

## AUTHOR GUIDELINES

### *Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей*

#### *The procedure for consideration, approval and rejection of articles*

В научно-теоретическом и практическом журнале «Инновационная техника и технология» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Инновационная техника и технология», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлегией в целом.

Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

### *Требования к оформлению статьи*

#### *Article requirements*

Научно-теоретический и практический журнал «Инновационная техника и технология» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–10 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку.

Все страницы должны иметь сплошную нумерацию посередине внизу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую.

3. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовки набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заглавии не допускается

употребление сокращений, кроме общепризнанных.

4. Аннотация (не более 800 печатных знаков). Отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований.

5. Ключевые слова (не более 9).

6. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

**«Введение»**—часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

**«Объекты и методы исследований»:**

- для описания экспериментальных работ—часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;

- для описания теоретических исследований—часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общеизвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

**«Результаты и их обсуждение»**—часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования.

**«Выводы»** В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал—одинарный, поля—2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

**Математические уравнения и химические формулы** должны набираться в редакторе формул (использовать английский алфавит) Equation

(MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские—курсивом (Italic), русские и греческие—прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические—10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате \*.png, \*.jpg или \*.tiff. Подрисовочная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки.

**Графики, диаграммы и т.п.** рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph и **вставлять картинкой**. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения—полужирным шрифтом.

7. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82–2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

8. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс, тел., e-mail (организации).

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

а) заглавие статьи; б) инициалы и фамилии авторов; в) текст аннотации; г) ключевые слова (key words); д) название учреждения (с указанием почтового адреса, тел., e-mail).

В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию предоставляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2007–2013. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора—ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) **приложить графики и рисунки в формате графических файлов \*.png, \*.jpg или \*.tiff; таблицы в формате excel.**

3) сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, домашний адрес, электронная почта, дата рождения. Звездоч-

кой указывается автор, с которым вести переписку. Файл следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП\_Анкета.doc;

5) рецензия на статью, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой.

### ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В БАЗУ ДАННЫХ AGRIS СТАТЬЯ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ ИНФОРМАЦИЮ:

1. Сведения об авторах: ( ФИО всех авторов на русс. и англ яз, полное название организации – место работы авторов, адрес эл. почты, должность, ученая степень).

2. Название статьи (на русском и английском языках);

3. Реферат (на русском и английском языках) 200- 250 слов;

Не следует начинать реферат с повторения названия статьи! Необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. Не допускаются разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов! Необходимо представлять сведения об объектах исследования. Следить, чтобы в тексте не было повторов и вводных оборотов типа «На основании проведенных исследований можно сказать» (вполне достаточно «установлено» или «сделан вывод»). Все числительные – цифрами.

4. Ключевые слова (на русском и английском языках);

Термины Agrovoc это ключевые слова к Вашей статье, используемые в системе цитирования Agris. Они вводятся на английском языке, и чаще всего совпадают с ключевыми словами Вашей статьи. Для проверки соответствия ключевого слова термину Agrovoc, введите его в поисковой строке сайта Agrovoc. Если термин найден, добавьте его в соответствующее поле формы отправки статьи, если же ключевое слово отсутствует среди терминов Agrovoc, то попробуйте подобрать максимально близкий по смыслу синоним. При отправке статьи используйте минимум 2 и максимум 15 терминов Agrovoc.

*Список поиска терминов Agrovoc: <http://aims.fao.org/skosmos/agrovoc/en/search?clang=ru>*

5. Список литературы должен быть представлен на русском языке и на латинице (транслитерация). В списке литературы не должно быть ссылок на одного и того же автора, минимум ссылок на правовые и нормативные документы, наличие ссылок на иностранные публикации. Не допускается машинный перевод текста на английский язык.

### ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Для того, чтобы попасть в зарубежные аналитические базы данных Scopus и Web of Science необходимо оформлять статьи (в том числе в электронных научных журналах) в соответствии с требованиями зарубежных баз данных.

#### Этапы преобразования ссылки

1) На сайте <http://www.translit.ru> (в раскрывающемся списке «варианты» выбрать вариант, например: системы Госдепартамента США - BSI). Вставляем текст ссылки на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит». Название научного журнала в транслитерированном списке литературы должно совпадать с транслитерированным названием журнала, которое зарегистрировано при его включении в международные базы данных.

2) Англоязычные версии названий многих публикаций, журналов, книг и т.д. можно найти на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/>).

3) Переводим с помощью онлайн-переводчика все описание источника (название книги, статьи и т.д., кроме авторов) на английский язык, перевод редактируем и переносим в формируемый список (за транслитерированным названием).

4) Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. Нужно раскрыть место издания (например, Moscow), а также исправить обозначение страниц на английский язык (например, вместо 124 s. – 124 p., S. 12-15 – pp. 12-15) и номера («№» на «No.»). Курсивом выделяем название источника (при описании статьи) или название книги (монографии, сборника). Убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания, заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием.

### Порядок преобразования ссылки

Переводим ссылку в транслит и убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания (// и .-), заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием:

**Baitin M. I., Petrov D. E.** Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva, Pravo i politika, 2004, № 1, S. 19-30.

После транслитерированного заглавия статьи вставляем в квадратные скобки перевод заглавия на английский язык и выделяем название журнала (книги, монографии) курсивом:

**Baitin M. I., Petrov D. E.** Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva [*Sector of law and sector of legislation*], **Pravo i politika**, 2004, № 1, S. 19-30.

Меняем «№» на «No.» и страницы - «S.» на «pp.». Обязательно должны быть указаны первый и последний номера страниц статьи:

**Baitin M. I., Petrov D. E.** Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva (Sector of law and sector of legislation), **Pravo i politika**, 2004, **No. 1, pp. 9-30.**

### Примеры оформления списка литературы в латинице

#### Описание статьи из журнала:

Osintsev A.M., Braginskii V.I., Ostroumov L.A., Gromov E.S. Ispol'zovanie metodov dinamicheskoi reologii dlya issledovaniya protsessa koagulyatsii moloka [Application of dynamic rheology in studying milk coagulation process]. *Agricultural Commodities Storage and Processing*, 2002, no. 9, pp. 46–49.

#### Описание статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

#### Описание статьи с DOI:

Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of *Lactobacillus bulgaricus*. *Food and Raw Materials*, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 9-14. doi:10.12737/2046

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. *Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem»* [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125-130.

#### Описание книги (монографии, сборники):

Berezov T.V., Korovin B.F. *Bioorganicheskaya khimiya* [Bioorganic Chemistry]. Moscow, Meditsina, 1990. 221 p.

Ot katastrofy k vozrozhdeniju: prichiny i posledstviya razrusheniya SSSR [From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

#### Описание Интернет-ресурса:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

#### Описание диссертации или автореферата диссертации:

Semenov V.I. *Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor*. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

#### Описание ГОСТа:

GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 –2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

#### Описание патента:

Palkin M.V., Kulakov A.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ**

**Том 10**

**№ 1**

**2023**

*Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.*

*Сдано в производство 09.05.2023. Формат 60X84/8*

*Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.*

*Усл. печ. л. 11,51. Тираж 50 экз.*