

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



**ИННОВАЦИОННАЯ  
ТЕХНИКА И  
ТЕХНОЛОГИЯ**

**INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY**

**№1 (22) 2020**

**Научно-теоретический и практический журнал**

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

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

№ 1 (22) 2020

Научно-теоретический и практический журнал  
Издается с 2014 года

### Главный редактор

**Д. И. Фролов**, канд. техн. наук, доцент  
(Пензенский государственный технологический  
университет)

### Зам. главного редактора

**А. А. Курочкин**, д-р техн. наук, профессор  
(Пензенский государственный технологический  
университет)

### Редакционная коллегия:

**А. М. Зимняков**, канд. хим. наук, доцент  
(Пензенский государственный университет);

**В. М. Зимняков**, д-р экон. наук, профессор  
(Пензенский государственный аграрный  
университет);

**А. И. Купреенко**, д-р техн. наук, профессор  
(Брянский государственный аграрный университет);

**В. И. Курдюмов**, д-р техн. наук, профессор  
(Ульяновская государственная сельскохозяйственная  
академия имени П. А. Столыпина);

**О. Н. Кухарев**, д-р техн. наук, профессор  
(Пензенский государственный аграрный  
университет);

**В. А. Милюткин**, д-р техн. наук, профессор  
(Самарский государственный аграрный  
университет);

**В. Ф. Некрашевич**, д-р техн. наук, профессор  
(Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева);

**С. В. Чекайкин**, канд. техн. наук, доцент  
(Пензенский государственный технологический  
университет);

**Г. В. Шабурова**, канд. техн. наук, доцент  
(Пензенский государственный технологический  
университет)

### 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)  
*Издается 4 раза в год*

Журнал «Иновационная техника и технология» включен в  
систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ):  
<http://www.elibrary.ru>

Входит в международную информационную  
систему по сельскому хозяйству AGRIS.

© Фролов Д. И., 2019 © ООО НТК «Эврика!», 2020

## INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

No. 1 (22) 2020

Scientific theoretical and practical journal  
Issued since 2014

### Editor-in-Chief

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

### Deputy-chief editor

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

### Editorial board members:

**A. M. Zimnyakov**, cand. of chemical sciences, assoc. professor  
(Penza State University);

**V. M. Zimnyakov**, doctor of economic sciences, professor  
(Penza State Agrarian University);

**A. I. Kupreenko**, doctor of technical sciences, professor  
(Bryansk State Agrarian University);

**V. I. Kurdyumov**, doctor of technical sciences, professor  
(Ulyanovsk State Agricultural Academy  
in honor of P.A. Stolypin);

**O. N. Kuharev**, doctor of technical sciences, professor  
(Penza State Agrarian University);

**V. A. Milutkin**, doctor of technical sciences, professor  
(Samara State Agrarian University);

**V. F. Nekrashevich**, doctor of technical sciences, professor  
(Ryazan State Agrotechnological University  
Named After P.A. Kostychev);

**S. V. Chekaykin**, cand. of technical sciences,  
associate professor  
(Penza State Technological University);

**G. V. Shaburova**, candidate of technical sciences,  
associate professor  
(Penza State Technological University)

### 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)  
*Issued 4 times a year*

“Innovative machinery and technology” is included into the Russian  
Scientific Citation Index system:  
<http://www.elibrary.ru>  
Included in the international information  
system for agriculture AGRIS.

© Frolov D. I., 2019 © ООО НТК «Эврика!», 2020

---

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

<b>Влияние овсяных отрубей и подсластителя на показатели бисквитного полуфабриката</b> <i>Бочкарева З.А., Серебрякова О.А.</i> .....	5
<b>Совершенствование технологии кваса брожения на основе ее структурного анализа</b> <i>Курочкин А.А., Лукьянова Е.А.</i> .....	13
<b>Технология производства хлебобулочных изделий с экструдатом семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы</b> <i>Курочкин А.А., Кудрина А.Н.</i> .....	18
<b>Изучение влияния факторов экструзионного процесса на индекс расширения экструдата из кукурузы</b> <i>Фролов Д.И., Чистякова Е.А.</i> .....	23
<b>Исследование водопогложительных свойств и твердости экструдата на основе кукурузы и окары</b> <i>Фролов Д.И., Чушкина А.В.</i> .....	29

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>Исследование и выбор рациональных режимных параметров экстрагирования иссопа сорта «Лекарственный»</b> <i>Родионов Ю.В., Самохвалов Д.С., Скоморохова А.И., Зорина О.А.</i> .....	36
<b>Отработка режимов двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки дайкона сорта «Хару»</b> <i>Самохвалов Д.С., Родионов Ю.В., Билан Н.В., Скоморохова А.И.</i> .....	42

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>Производство колбасных изделий в России</b> <i>Зимняков В.М.</i> .....	49
--	----

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<b>Применимость модели Фрейндлиха для описания адсорбции ионов меди модифицированными диатомитами</b> <i>Борисков Д.Е., Кузьмин А.А., Комарова Н.А., Давыдова М.А.</i> .....	55
---	----

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

<b>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей</b> .....	61
<b>Требования к оформлению статьи</b> .....	61

---

# CONTENTS

## FOOD TECHNOLOGY

<b>The effect of oat bran and sweetener on indicators biscuit semi-finished product</b> <i>Bochkareva Z.A., Serebrykova O.A.</i> .....	5
<b>Improving the technology of kvass fermentation on the basis of its structural analysis</b> <i>Kurochkin A.A., Lukyanova E.A.</i> .....	13
<b>Technology of production of bakery products with extrudate of pumpkin seeds (zucchini) and wheat grains</b> <i>Kurochkin A.A., Kudrina A.N.</i> .....	18
<b>Study of the influence of extrusion process factors on the extrudate expansion index from corn</b> <i>Frolov D.I., Chistyakova E.A.</i> .....	23
<b>Study of the water-absorbing properties and hardness of an extrudate based on corn and okara</b> <i>Frolov D.I., Chushkina A.V.</i> .....	29

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

<b>Research and selection of rational mode extraction of hyssop grade «Medicinal»</b> <i>Rodionov Yu.V., Samokhvalov D.S., Skomorokhova A.I., Zorina O.A.</i> .....	36
<b>Processing the modes of the two-stage convective vacuum-pulse drying of daikon grade «Haru»</b> <i>Samokhvalov D.S., Rodionov Yu.V., Bilan N.V., Skomorokhova A.I.</i> .....	42

## ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

<b>Production of sausage products in Russia</b> <i>Zimnyakov V.M.</i> .....	49
--	----

## ENVIRONMENTAL PROTECTION

<b>Applicability of the Freundlich model for describing the adsorption of copper ions by modified diatomites</b> <i>Boriskov D.E., Kuzmin A.A., Komarova N.A., Davydova M.A.</i> .....	55
---	----

## AUTHOR GUIDELINES

<i>The procedure for consideration, approval and rejection of articles</i> .....	61
<i>Article requirements</i> .....	61

# ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

## FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.681

### Влияние овсяных отрубей и подсластителя на показатели бисквитного полуфабриката

*Бочкарева З.А., Серебрякова О.А.*

**Аннотация.** Расширение ассортимента бисквитных полуфабрикатов с пониженной калорийностью ориентировано на замену или частичную замену основного сырья менее энергоемкими продуктами. Такими продуктами могут являться овсяные отруби, рекомендованные Food and Drug Administration, как продукт, полезный для здоровья, и эритрит заменитель сахара с гликемическим индексом, равным 0. Объектом исследования являлись лабораторные образцы бисквитного полуфабриката по классической рецептуре №4 «Бисквит круглый» с заменой части муки пшеничной высшего сорта в количестве 20, 25 и 30% на овсяные отруби и полной заменой сахарозы на подсластитель – эритрит. Технологический процесс приготовления бисквитного полуфабриката предусматривал традиционный способ приготовления теста и изделий, при этом овсяные отруби были перемолоты в мельнице, эритрит измельчен в пудру. Объемный подсластитель был использован с дозировкой 0,7 г эритрита взамен 1 г сахарозы. Добавление овсяных отрубей в пшеничную муку снижало количество клейковины, в связи с чем снижалась вязкость теста, но не влияло на процесс отсаживания изделий. Влажность теста повышалась с увеличением количества овсяных отрубей. Не обнаружено влияния на пенообразующую способность теста, т.к смесь муки и овсяных отрубей вносили до введения белков. Массовая доля влаги бисквитного полуфабриката с увеличением вносимой добавки уменьшается. Массовая доля сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество в бисквитном полуфабрикате с подсластителем снижена на 99 %, по сравнению с контрольным образцом, массовая доля жира незначительно снижается. Лучшим образцом по результатам органолептической оценки является образец №2 с добавлением 25% овсяных отрубей и заменой сахара на эритрит. Обобщение полученных результатов дает основание считать, что данное сырье может быть использовано для приготовления бисквитных полуфабрикатов с овсяными отрубями и подсластителем.

**Ключевые слова:** полуфабрикат, бисквитный, отруби, овсяные, подсластитель, эритрит.

**Для цитирования:** Бочкарева З.А., Серебрякова О.А. Влияние овсяных отрубей и подсластителя на показатели бисквитного полуфабриката // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 5–12.

### The effect of oat bran and sweetener on indicators biscuit semi-finished product

*Bochkareva Z.A., Serebrykova O.A.*

**Abstract.** Expanding the assortment of biscuit semi-finished products with reduced calorie content is focused on the replacement or partial replacement of the main raw materials with less energy-intensive products. Such products can be oat bran, recommended by the Food and Drug Administration, as a product that is useful for health and erythritol is a sugar substitute with a glycemic index equal to 0. The object of the study was laboratory samples of semi-finished biscuit according to the classic recipe No. 4 «Biscuit round» with the replacement of a part of wheat flour of the highest grade in the amount of 20, 25 and 30% for oat bran and complete replacement of sucrose with a sweetener – erythritol. The technological process of preparing a biscuit semi-finished product provided for the traditional method of preparing dough and

products, while oat bran was ground in a mill, and erythritol was crushed into powder. A volumetric sweetener was used with a dosage of 0.7 g of erythritol instead of 1 g of sucrose. Adding oat bran to wheat flour reduced the amount of gluten, and therefore the viscosity of the dough decreased, but did not affect the process of sedimentation of products. The humidity of the dough increased with an increase in the number of oat bran. No effect was found on the foaming ability of the dough, because a mixture of flour and oat bran was introduced before the introduction of proteins. The mass fraction of moisture of the biscuit semi-finished product decreases with an increase in the added additive. The mass fraction of sugar (for sucrose) in terms of dry matter in the biscuit semi-finished product with a sweetener is reduced by 99 %, compared to the control sample, the mass fraction of fat is slightly reduced. The best sample according to the results of organoleptic evaluation is sample 2 with the addition of 25% oat bran and replacing sugar with erythritol. A generalization of the results gives reason to believe that this raw material can be used for the preparation of biscuit semi-finished products with oat bran and a sweetener.

**Keywords:** semi-finished product, biscuit, bran, oat, sweetener, erythritol.

**For citation:** Bochkareva Z.A., Serebrykova O.A. The effect of oat bran and sweetener on indicators biscuit semi-finished product. *Innovative Machinery and Technology*. 2020. No.1 (22). pp. 5–12. (In Russ.).

## Введение

В рационе человека должны быть продукты, которые не только дают энергию, но и обеспечивают качество жизни, являясь источником качественных белков, обогащены клетчаткой, пектином, микро- и макронутриентами. Потребители обращают внимание на уменьшение содержания сахара и добавление пищевых волокон. Пищевые волокна не только улучшают пищеварение, но и позволяют сократить количество легкоусвояемых углеводов в мучных изделиях, улучшить текстуру изделия [1, 2]. Изделия из бисквитного теста являются высококалорийными продуктами, потребление которых нарушает сбалансированность рационов питания по пищевой и энергетической ценности [3].

Расширение ассортимента бисквитных полуфабрикатов с пониженной калорийностью ориентировано на замену или частичную замену основного сырья – мука, жир и сахар менее энергоемкими, но биологически активными продуктами – овощными и фруктовыми пастами и пюре [4, 5]. Рядом ученых были предложены технологические решения по частичной замене пшеничной муки на овсяную, черемуховую, облепиховую, кукурузную, рисовую, тритикале, пшеничную, ячменную при приготовлении бисквитного теста [6, 7, 8]. С целью повысить биологическую ценность добавляют соевые продукты, например, соевый обогатитель «Окара», который вводят в яично-сахарную массу в количестве 3-4% к массе теста, предварительно выдержав в воде (1:3) в течение 10-15 минут для набухания [9]. В настоящее время разработаны технологии применения продуктов с высоким содержанием пищевых волокон и чистых препаратов пищевых волокон при производстве бисквитных полуфабрикатов [2, 6, 10]. Это приводит к улучшению качества готовой продукции, повышению диетических свойств, снижению себестоимости продукции.

Отруби овса – это цельная оболочка зерна, состоящая из нерастворимой клетчатки (пищевых волокон) и содержащая около 85...90% всей пищевой ценности овса. Овсяные отруби имеют приятный, но нейтральный вкус, поэтому их рекомендуется добавлять в молочные продукты, супы, салаты и другие готовые блюда. Овсяные отруби являются источником бета-глюкана, который обеспечивает присутствие в рационе человека суточной нормы растворимой клетчатки [11], способствующей снижению уровня холестерина в крови. Кроме того, в овсяных отрубях содержится нерастворимая клетчатка, которая добавляет объем и действует как своеобразный скраб для желудка и кишечника, ускоряет моторику, выводит из организма шлаки и токсины, что также делает продукт диетическим. Овсяные отруби вырабатывают в виде крупных частиц или измельченными в муку.

Для снижения калорийности и придания диетической направленности бисквитным изделиям в рецептурах сахар частично или полностью заменяют на подсластители [12, 13]. Каждый из ряда подсластителей имеет свои уникальные физико-химические и технологические свойства.

Заменитель сахара – эритрит на 100% состоит из натурального сырья крахмалосодержащих растений, таких как кукуруза или тапиока. Калорийность подсластителя на 100 г составляет 0...0,2 ккал. Эритрит (эритритол) представляет собой гибридную молекулу, которая содержит в себе остатки сахара и спирта, так как первоначально это соединение – не что иное, как сахарный спирт. В составе продукта полностью отсутствуют углеводы, жиры или белки. Гликемический индекс подсластителя равняется 0. Инсулиновый индекс достигает отметки 2. Степень сладости эритрита составляет примерно 0,7 единиц от сахара. Внешне он выглядит похоже: белый кристаллический порошок без ярко выраженного запаха, который легко растворяется в воде. Так же,

как и сахара, он выпускается в рассыпчатой и гранулированной форме. Эритрит хорошо растворим в воде. За счёт небольшого значения молярной массы растворы эритрита отличаются невысокими значениями вязкости. Эритрит отличается также высокой химической стойкостью в широком диапазоне рН (от 2 до 12). Технологичность применения эритрита определяется его значительной термической стабильностью при нагревании до температуры, превышающей 180 °С, что благоприятствует его использованию при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий. Эритрит стабилен в горячих концентрированных растворах. В сочетании с полной безопасностью эритрит может рассматриваться в качестве одного из наиболее перспективных видов сахарозаменителей в настоящее время, и вполне может составлять серьёзную конкуренцию обычному свекольному/тростниковому сахару [14]. Таким образом, данные органолептические и технологические свойства позволяют использовать эритрит в качестве подсластителя для бисквитного полуфабриката.

**Целью работы** являлось исследование влияния замены части муки пшеничной высшего сорта на овсяные отруби и подсластителя – эритрита на показатели бисквитного полуфабриката.

Научная новизна работы заключается в обосновании снижения калорийности бисквитного полуфабриката за счёт полной замены сахара подсластителем и частичной замены пшеничной муки овсяными отрубями. Разработанную технологию бисквитного полуфабриката с овсяными отрубями и подсластителем рекомендовано внедрить в производство кондитерских цехов предприятий общественного питания в качестве отдельной линии низкокалорийных мучных кондитерских изделий.

#### **Объекты и методы исследований**

При проведении экспериментальной работы объектами исследования являлись:

- отруби овсяные по ТУ 9295-257-37676459-2014
- подсластитель эритрит по ГОСТ Р 53904-2010;
- мука пшеничная хлебопекарная по ГОСТ 26574-2017;
- дополнительное сырьё для приготовления изделий, отвечающее требованиям соответствующих стандартов: яйца куриные пищевые (ГОСТ 31654-2012), кислота лимонная (ГОСТ 908-2004);
- контрольный образец бисквитного полуфабриката по классической рецептуре №4 «Бисквит круглый» [15].
- лабораторные образцы бисквитного полуфабриката с заменой части муки пшеничной на отруби овсяные в количестве 20, 25 и 30 % и полной заменой сахара на подсластитель - эритрит.

При проведении экспериментальных исследований готовых изделий использовали стандартные

методы, принятые в пищевой промышленности. Количественное соотношение компонентов определено опытным путем как оптимальное для получения изделий требуемого качества.

Технологический процесс приготовления полуфабриката предусматривал подготовку сырья стандартными способами, санитарную обработку яиц, деление на белки и желтки, измельчение эритрита в пудру и просеивания, перемалывания овсяных отрубей в мельнице. Приготавливали тесто, взбивая отдельно желтки с эритритом в течение 20-30 минут, добавляли эссенцию, смесь муки пшеничной и овсяных отрубей, перемешивали 5-8 с и осторожно вводили взбитые белки. В белки в конце взбивания добавляли лимонную кислоту для устойчивости белкового каркаса. Бисквитное тесто отсаживали с помощью кондитерского мешка (с гладкой металлической трубкой и круглым отверстием) на кондитерские листы, предварительно застланные пергаментной бумагой, толщина бисквитного теста 7-10 мм. Продолжительность выпечки – 15-20 минут при температуре 190-200 °С. Качество готовых изделий определяли в соответствии с методиками, изложенными в нормативно-технической документации.

#### **Результаты и их обсуждение**

Овсяные отруби представляют собой сухой сыпучий продукт серого цвета с вкраплениями, с содержанием влаги 7 %, пищевых волокон 36 %, белка 13,5 %, жиров – 4,8 %, зольных веществ – 2,9 %.

Разработаны рецептуры образцов: №1 – соотношение муки пшеничной и овсяных отрубей 80:20, №2 – 75:25 и №3 – 70:30. Во всех образцах сахара заменена на подсластитель.

Добавление овсяных отрубей в пшеничную муку снижает количество клейковины. Следуя тому, что мука со средней и сильной клейковиной дает затянутае тесто и плотный бисквитный полуфабрикат, можно предположить, что понижение количества клейковины улучшит качество бисквитного теста.

При исследовании водопоглотительной способности смеси муки пшеничной и овсяных отрубей определено, что при внесении большего количества овсяных отрубей в пшеничную муку водопоглотительная способность смеси возрастает. Водопоглотительная способность увеличивается с увеличением количества овсяных отрубей в мучной смеси.

При замесе снижается вязкость теста, что связано с заменой части фракций глютена пшеничной муки на муку овсяных отрубей. Несмотря на то, что овсяные отруби содержат большое количество пищевых волокон, скорость их набухания меньше, чем глютенинов пшеничной муки, процесс замешивания теста кратковременный, пищевые волокна не успевают гидратировать, поэтому вязкость теста снижается, но не влияет на процесс отсаживания

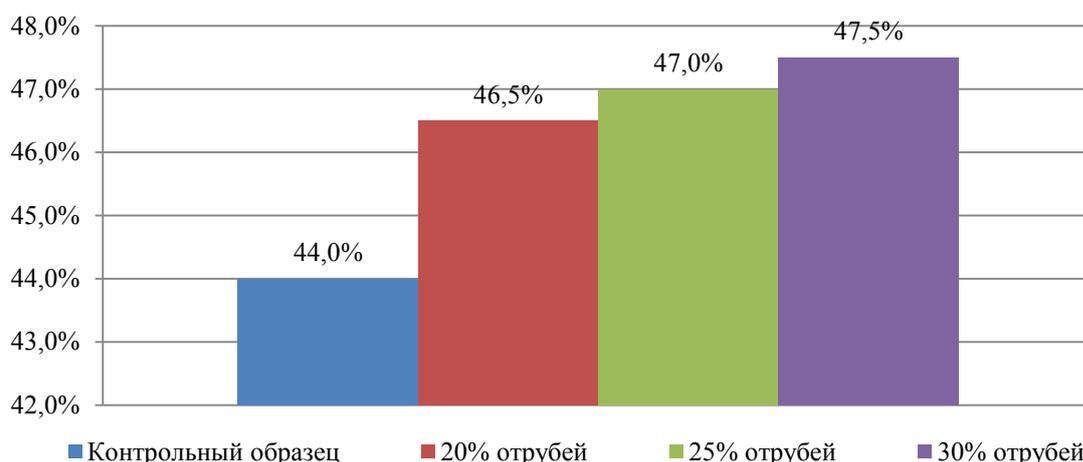


Рис. 1. Влажность теста

изделий. Отсаженные образцы имеют густую консистенцию, которая не позволяет растекаться тесту по бумаге перед выпеканием.

Также не обнаружено влияния на пенообразующую способность теста, так как смесь муки и овсяных отрубей вносили до введения белков. При определении влажности теста получены результаты, показанные на рисунке 1.

Увеличение влажности теста можно объяснить тем, что белки пшеничной муки быстро связывают влагу и набухают, в отрубях содержание клейковинных белков меньше и больше содержание пищевых волокон, при быстром процессе замешивания теста не происходит быстрого набухания белков и пищевых волокон. Стоит отметить, что при высоких показателях влажности теста, следует увеличивать время выпечки бисквитного полуфабриката. Однако данный процесс может существенно повлиять на органолептические показатели выпеченного из-

делия. Поэтому оптимальное показание влажности бисквитного теста не должно превышать 47 %.

В приготовлении бисквитного теста сахара способствуют стабилизации пены при взбивании. Поэтому было определено влияние замены сахара на подсластитель эритрит. Это объемный подсластитель по внешнему виду, напоминающий сахар, после помола мало отличающийся от рафинадной пудры, было решено использовать рекомендуемую дозировку при замене 1 г сахарозы - 0,7 г эритрита. Значительного отличия при взбивании желтков с эритритом не выявлено, влияния эритрита на взбитое тесто не выявлено, т.к. белки вводились после введения мучной смеси.

Физико-химические показатели контрольного бисквитного полуфабриката, приготовленного по классической рецептуре «Бисквит круглый», и опытных образцов с заменой на отруби овсяные муки пшеничной в количестве 20%, 25 % и 30 %, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели бисквитного полуфабриката с овсяными отрубями и подсластителем

Образцы	Показатели, %			
	Массовая доля влаги	Массовая доля жира	Массовая доля золы	Массовая доля сахара (по сахарозе в пересчете на сухие вещества)
Контрольный образец	17,4	5,9	0,1	38,52
Образец №1 (20% овсяных отрубей)	16	5,51	0,1	0,41
Образец №1 (25% овсяных отрубей)	15,8	5,6	0,1	0,42
Образец №1 (30% овсяных отрубей)	15,2	5,69	0,1	0,43

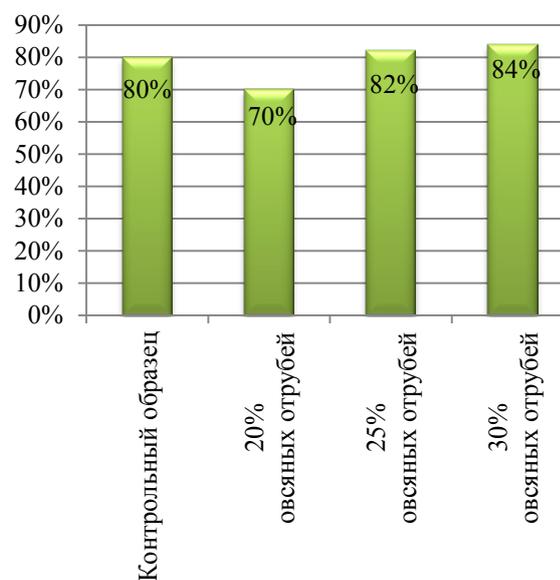


Рис. 2. Показатели пористости бисквитного полуфабриката

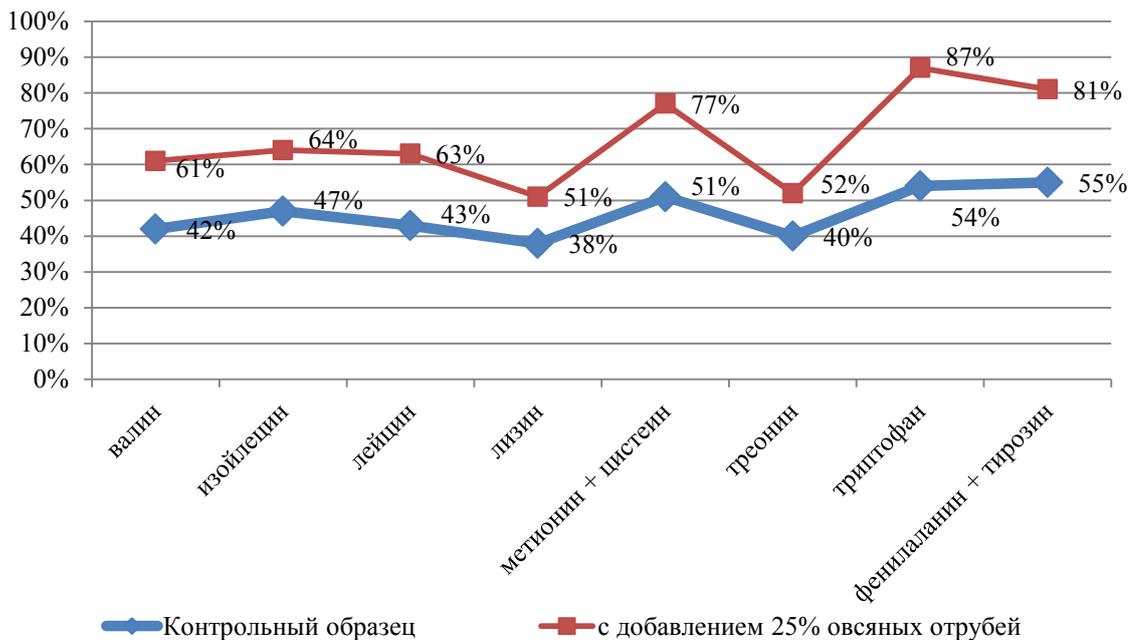


Рис. 3. Аминокислотный скор белка в бисквитном полуфабрикате

Массовая доля влаги бисквитного полуфабриката с увеличением вносимой добавки уменьшается. Этот факт обусловлен высокой водопоглощительной способностью овсяных отрубей. Массовая доля сахара (по сахарозе) в пересчете на сухие вещества в бисквитном полуфабрикате с подсластителем снижена на 99 %, по сравнению с контрольным образцом, массовая доля жира незначительно снижается.

На рисунке 2 видно, что с увеличением вносимой добавки пористость изделия увеличивается, преимущественно за счет содержания пищевых волокон в овсяных отрубях.

Органолептическая балловая оценка проводилась в соответствии с ГОСТ 31986-2012 по следующим показателям: форма, поверхность, цвет, вид в разрезе, вкус и запах. Из таблицы можно сделать вывод, что исследуемые образцы №1, 2, 3 соответствуют требованиям качества для бисквитного полуфабриката. Образец с массовой долей овсяных отрубей 25 % при оценке получил наивысший балл. Бисквитный полуфабрикат с добавлением овсяных отрубей отличался сохранением формы; сухой, без трещин и вздутий на поверхности; желтым цветом с кремовым оттенком; в разрезе представляет собой пропеченное изделие, без следов непромеса. Данная дозировка не вносит выраженного привкуса овсяных отрубей.

Результаты балловой оценки органолептических показателей исследуемых образцов указаны в таблице 2.

Обобщение полученных результатов дает основание считать, что оптимальная дозировка овсяных отрубей, вносимых в мучную смесь, путем замены пшеничной муки высшего сорта, составляет 25 % (образец №2), и по количеству баллов соответствует контрольному образцу. Оптимальная

дозировка эритрита для приготовления бисквитных полуфабрикатов с овсяными отрубями и подсластителем составляет 0,7 г эритрита на 1 г сахара. Поэтому пищевую и биологическую ценность определяли для данного образца в сравнении с контрольным образцом. Содержание белков в контрольном образце и образце №2 составило 14,2 г и 14,8 г на 100 г изделия соответственно, по количеству белков изделия почти не отличаются.

Показатели содержания макро- и микроэлементов, витаминов для бисквитного полуфабриката с частичной заменой 25 % муки пшеничной на овсяные отруби по сравнению с контрольным образцом: содержание железа увеличивается на 12%, магния – на 15%, фосфора – на 21% по сравнению с контрольным образцом; содержание витаминов В1 (тиамин), В2 (рибофлавин), В5 (пантотеновая кислота) на 100 г продукта в образце № 2 незначительно выше по сравнению с контрольным образцом.

Вследствие того что содержание белков в сравниваемых образцах почти одинаковое, расчетным методом была определена биологическая ценность изделий. Сравнительный график аминокислотного сора контрольного образца и образца №2 представлен на рисунке 3.

В разработанных рецептурах бисквитного полуфабриката с овсяными отрубями в количестве 25 % и подсластителем и в контрольном образце «Бисквит круглый» скор всех незаменимых аминокислот менее 100 %, но при добавлении овсяных отрубей наблюдается увеличение аминокислотного сора белка по всем незаменимым аминокислотам.

### Выводы

Таким образом, зная влияние замены части муки пшеничной на овсяные отруби в бисквитном

полуфабрикате, можно принять технологическое решение о возможности такой замены с целью повышения пищевой и биологической ценности. Подсластитель эритрит может заменить сахар в рецептуре бисквитного полуфабриката с сохранением технологических свойств бисквита при изготовле-

нии. Анализ качественных характеристик готового бисквитного полуфабриката показал, что по показателям качества образец с массовой долей овсяных отрубей 25 % рекомендуется для расширения ассортимента и выработки на предприятиях питания для людей, ведущих здоровый образ жизни.

### Список литературы

- [1] Баранова З. А. Пищевые волокна в функциональном питании и профилактике здоровья / З. А. Баранова, Н. А. Тарасенко, Н. С. Быкова, Н. Р. Третьякова // Успехи современного естествознания. Краснодар: Изд-во ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 2016. № 11 (1). С. 86–90.
- [2] Экструдат пшеничных отрубей в производстве кексов / Т.В. Шленская, З.А. Бочкарева, Н.М. Шленская, В.П. Радченко // Кондитерское производство. 2009. № 6. С. 10–11.
- [3] Джабоева А.С. Влияние растительных добавок на качество бисквитных полуфабрикатов / А.С. Джабоева, М.Ю. Тамова, З.С. Думанишева, А.С. Кабалоева, Л.Г. Шалова // Известия вузов. Пищевая технология, 2017. № 5–6. С. 46–48.
- [4] Пат. 2129791 Российская Федерация, МПК А21D13/08 Способ приготовления бисквита с овощными добавками /Артемова Е.Н. заявитель и патентообладатель Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. – 97117152/13; заявл. 1997.10.20; опубл. 1999.05.10, Бюл. № 13, 8 с.
- [5] Иванова И.В. Использование и получение фруктовых и овощных добавок в производстве мучных, кондитерских и хлебобулочных изделий / И.В. Иванова, Т.В. Белкина, М.В. Белоглазова, Л.А. Филиппова, А.А. Радчук // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 1 (9). С. 43–47.
- [6] Корпачева С.М. Разработка технологий и рецептур мучных кондитерских изделий, обогащенных пищевыми волокнами / С.М. Корпачева, И.В. Мацейчик, В.В. Мунтян // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2018. № 1 (50). С. 103–108.
- [7] Лукин А.А. Разработка технологии и рецептуры производства бисквитного полуфабриката с черемуховой мукой / А.А. Лукин, С.П. Меренкова, Т.Ю. Фомина // Молодой ученый. 2016. № 10 (114). С. 263–266.
- [8] Божко С.Д. Обзор разработок изделий из бисквитного теста специального назначения / С.Д. Божко, А.Н. Чернышова, Т.А. Ершова, А.С. Серженко // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 3. С. 43–52.
- [9] Пат. 2359461 Российская Федерация, МПК А21D13/08 Способ приготовления бисквитного полуфабриката повышенной пищевой ценности /Г.О. Магомедов, С.И. Лукина, А.А. Гундяева; заявитель и патентообладатель Воронежская государственная технологическая академия.– № 2007146092/13; заявл. 11.12.2007; опубл. 27.06.2009, Бюл. № 18, 5с.
- [10] Хандамова Т.С. Разработка и оценка качества бисквита, обогащенного пищевыми волокнами /Т.С. Хандамова, И.Б. Красина, Н.А. Тарасенко, Р.А. Кононенко, Ю.Н. Ткачева // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 1 (337). С. 57–60
- [11] Пат. 2614875 Российская Федерация, МПК А21D13/00, А21D13/04, А21D13/047 Тесто на основе овсяных отрубей без зерновой муки / Басов П.В. Мистюков Ю.Р.; заявитель и патентообладатель Басов П.В. Мистюков Ю.Р.– № 2016107285; заявл. 29.02.2016; опубл. 30.03.2017, Бюл. № 10, 9с.
- [12] Вострикова Е.М. Оптимизация способа получения бисквита с сахарозаменителем / И.А. Никитин, Ю.Н. Труфанова, Е.М. Вострикова // Инновационные технологии в промышленности: образование, наука и производство: материалы всеросс. науч.– практ. конф.– Чебоксары: ООО «Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2016. С. 173–175.
- [13] Гужевский Е.И. Сахарозаменители в технологии производства бисквита / Е.И. Гужевский, Е.С. Яшкин // Техника и технология пищевых производств: материал междунар. науч. конф. студентов и аспирантов.– Могилев: Изд-во МГУП «Могилевский технологический институт», 2012. С. 156.
- [14] Parshu Ram Pokhrel Эритрит-заменитель сахара нового поколения [Электронный ресурс]: Parshu Ram Pokhrel; Российская Диабетическая Газета и Российская Диабетическая Ассоциация; созд. сайта Российская диабетическая ассоциация.– Электрон. ст.– Москва, 2016.– URL: <http://www.diabetes.ru.org/news/ololo/eritrit-zamenitel-sahara> – Яз. рус.– (17. 03. 2020).
- [15] Сборник рецептур на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия.– М.: Хлебпродинформ, 2002.

## References

- [1] Baranova Z.A., Tarasenko N.A., Bykova N. S., Tret'yakova N.R. Pishchevye volokna v funktsional'nom pitanii i profilaktike zdorov'ya [Dietary fiber in functional nutrition and health prevention]. Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya [Successes in modern science]. Krasnodar: Kuban State Technological University, 2016, No. 11, pp. 86-90.
- [2] Dzhaboeva A. S., Tamova M. Yu., Dumanisheva Z. S., Kabaloeva A. S., Shalova L. G. Vliyaniye rastitel'nykh dobavok na kachestvo biskvitnykh polufabrikatov [The effect of herbal additives on the quality of biscuit semi-finished products]. Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [News of universities. Food technology], 2017, No. 5-6, pp. 46-48.
- [3] Shlenskaya T.V., Bochkareva Z.A., Shlenskaya N.M., Radchenko V.P. Ekstrudat pshenichnykh otrubey v proizvodstve keksov [Wheat bran extrudate in cupcake production]. Konditerskoye proizvodstvo. 2009, № 6. pp. 10-11.
- [4] Artemova E.N. applicant and patent holder Russian Academy of Economics named after G.V. Plekhanov - 97117152/13; declared 1997.10.20. Sposob prigotovleniya biskvita s ovoshchnymi dobavkami [A method of preparing a biscuit with vegetable additives ]. Patent RF, IPC A21D 13/08. No. 2129791, publ. 1999.05.10, Bull. No. 13, 8 p.
- [5] Ivanova I.V., Belkina T.V., Beloglazova M.V., Filippova L.A., Radchuk A.A. Ispol'zovaniye i polucheniye fruktovykh i ovoshchnykh dobavok v proizvodstve muchnykh, konditerskikh i khlebobulochnykh izdeliy [The use and production of fruit and vegetable additives in the production of flour, confectionery and bakery products]. Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK - produkty zdorovogo pitaniya [Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products], 2016, No. 1(9), pp. 43-47.
- [6] Korpacheva S. M., Matseychik I. V., Muntyan V. V. Razrabotka tekhnologiy i retseptur muchnykh konditerskikh izdeliy, obogashchennykh pishchevymi voloknami [Development of technologies and recipes for flour confectionery products enriched with dietary fiber]. Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V. R. Filippova [Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov], 2018. No. 1 (50), pp.103-108.
- [7] Lukin A.A., Merenkova S.P., Fomina T.Yu. Razrabotka tekhnologii i retseptury proizvodstva biskvitnogo polufabrikata s chermukhovoy mukoy [Development of technology and formulation for the production of biscuit cake mix with bird cherry flour]. Molodoy uchenyy [Young scientist], 2018. No. 10 (114). pp. 263-266.
- [8] Bozhko S.D., Chernyshova A.N., Yershova T.A., Serzhenko A.S. Obzor razrabotok izdeliy iz biskvitnogo testa spetsial'nogo naznacheniya [Review of developments of products made of special purpose biscuit dough]. Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex-healthy food products, 2019, No 3, pp. 43-52.
- [9] Magomedov G.O., Lukina S.I., Gundyayeva A.A. Applicant and patent holder Voronezh State Technological Academy. Sposob prigotovleniya biskvitnogo polufabrikata povyshennoy pishchevoy tsennosti [Method for the preparation of biscuit cake mix of high nutritional value]. Pat. RF 2359461, IPC A21D 13/08 No. 2007146092/13; declared 12/11/2007; publ. 06/27/2009, bull. No. 18, 5 p.
- [10] Khandamova T.S., Krasina I.B., Tarasenko N.A., Kononenko R.A., Tkacheva Yu.N. Razrabotka i otsenka kachestva biskvita, obogashchennogo pishchevymi voloknami [Development and assessment of the quality of biscuit enriched with dietary fiber]. News of higher educational institutions. Food technology, 2014, No. 1 (337), pp. 57-60.
- [11] Basov P.V., Mistyukov Yu. R., Applicant and patent holder Basov P.V., Mistyukov Yu. R. Testo na osnove ovsyanykh otrubey bez zernovoy muki [Dough based on oat bran without grain flour] Pat. RF 2614875 IPC A21D 13/00, A21D 13/04, A21D 13/047, No. 2016107285, declared 02/29/2016, publ. 03/30/2017, bull. No. 10, 9 p.
- [12] Vostrikova E.M., Nikitin I.A., Trufanova Yu.N., Vostrikova E.M. Optimizatsiya sposoba polucheniya biskvita s sakharozamenitelem [Optimization of the method for producing biscuit with sweetener]. Innovative technologies in industry: education, science and production: materials of the all-Russian scientific - prakt. conf. - Cheboksary: Center for Scientific Cooperation Interactive Plus LLC, 2016, p. 173-175.
- [13] Guzhevsky E.I., Yashkin E.S. Sakharozameniteli v tekhnologii proizvodstva biskvita [Sugar substitutes in biscuit production technology] Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: material mezhdunar. nauch. konf. studentov i aspirantov. [Technique and technology of food production: international material. scientific conf. undergraduate and graduate students]. - Mogilev: Publishing House of MGUP «Mogilev Technological Institute», 2012, p.156.

- [14] Parshu Ram Pokhrel. Erythritol, a new generation sugar substitute [Electronic resource]: Parshu Ram Pokhrel; Russian Diabetes Newspaper and Russian Diabetes Association; created Russian Diabetes Association website. - The electron. art. - Moscow, 2016. Available at: <http://www.diabetes-ru.org/news/ololo/eritrit-zamenitel-sahara> - (In. Russian) (accessed 17. 03. 2020).
- [15] Sbornik retseptur na torty, pirozhnyye, keksy, rulety, pechen'ye, pryaniki, kovrizhki i sдобnyye bulochnyye izdeliya [A collection of recipes for cakes, pastries, muffins, rolls, cookies, gingerbread cookies, gingerbread and sweet bakery products]. Moscow, Khlebproinform, 2002.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<b>Бочкарева Зенфира Альбертовна</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(927) 094-79-49 <b>E-mail:</b> bochkarievaz@mail.ru	<b>Bochkareva Zenfira Albertovna</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 094-79-49 <b>E-mail:</b> bochkarievaz@mail.ru
<b>Серебрякова Ольга Анатольевна</b> магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 914-73-00 <b>E-mail:</b> ms.varlos@mail.ru	<b>Serebryakova Olga Anatolievna</b> undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 914-73-00 <b>E-mail:</b> ms.varlos@mail.ru

## Совершенствование технологии кваса брожения на основе ее структурного анализа

*Куручкин А.А., Лукьянова Е.А.*

**Аннотация.** С позиции структурно-функционального подхода к анализу технологии кваса брожения, вырабатываемого настойным способом, рассмотрены критические элементы, доработка которых позволит обеспечить более высокие технико-экономические показатели (ТЭП) производства данного пищевого продукта. Обоснован вывод о том, что в существующей технологии кваса наиболее целесообразным технологическим процессом, подлежащим совершенствованию, является выработка квасных хлебцев. Предлагается перспективное направление в совершенствовании технологии кваса, которое реализуется за счет замены квасных хлебцев на экструдаты, получаемые путем термовакуумной обработки основного сырья растительного происхождения. Такое воздействие на сырье позволит сохранить все его наиболее ценные ингредиенты, а также снизить трудоемкость получения кваса и повысить его качество.

**Ключевые слова:** технология, квас брожения, квасные хлебцы, экструдаты, термовакуумная экструзия.

**Для цитирования:** Куручкин А.А., Лукьянова Е.А. Совершенствование технологии кваса брожения на основе ее структурного анализа // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 13–17.

## Improving the technology of kvass fermentation on the basis of its structural analysis

*Kurochkin A.A., Lukyanova E.A.*

**Abstract.** From the perspective of the structural-functional approach to the analysis of technology of fermented kvass produced by way of infusion, are considered critical elements, completion of which will provide higher technical and economic indicators (TEP) production of this food product. The conclusion is substantiated that in the existing kvass technology, the most appropriate technological process to be improved is the production of kvass loaves. A promising direction in improving the technology of kvass is proposed, which is implemented by replacing kvass loaves with extrudates obtained by thermal vacuum processing of the main raw materials of plant origin. This effect on the raw material will save all its most valuable ingredients, as well as reduce the complexity of obtaining kvass and improve its quality.

**Keywords:** technology, fermentation kvass, kvass loaves, extrudates, thermal vacuum extrusion.

**For citation:** Kurochkin A.A., Lukyanova E.A. Improving the technology of kvass fermentation on the basis of its structural analysis. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.1 (22). pp. 13–17. (In Russ.).

### Введение

подавляющее большинство пищи, употребляемой человеком в повседневной жизни, является натуральными или переработанными продуктами, получаемыми из сырья растительного и животного происхождения. Заметное место среди такой пищи занимают напитки, среди которых большим спросом пользуется квас.

Интерес к квасу объясняется не только его полезными свойствами, но и широким выбором сырьевой базы и технологических решений, позволяющих удовлетворить вкусовые предпочтения

широкого круга потребителей данного продукта [3, 9].

С другой стороны, применение различных технологий производства, а также использование многочисленных видов сырья и микроорганизмов, не исключает серьезных проблем в процессе выработки и продажи этого традиционного для России пищевого продукта. Как правило, истоки таких проблем – стремление производителей кваса уменьшить издержки на его производство путем упрощения технологии и применения более дешевого сырья. Результатом такого подхода является снижение качества продукта и размывание этого

фундаментального параметра путем современных маркетинговых инструментов. Этим и объясняется, что прилавки магазинов забиты многочисленными «брендами» этого напитка, выработанного из концентратов, основное отличие которых заключается в цене. В связи с этим биотехнологические исследования, направленные на снижение издержек при производстве кваса, без потери его функциональных и вкусовых свойств, весьма актуальны [10, 11].

Известно, что с позиции организационно-маркетинговых воззрений стратегия совершенствования выработки кваса может быть реализована одним из перечисленных способов:

1. Повышение качества продукта с одновременным ростом затрат на его производство.
2. Незначительное снижение качества продукта с небольшим снижением издержек на производство.
3. Заметное снижение качества и существенное снижение затрат на производство продукции.

К сожалению, в условиях несовершенного рынка и агрессивной рекламы многие производители идут по третьему пути. Между тем, очевидно, что в современных условиях ключом к успеху в деятельности предприятий по производству кваса может быть только стабильно высокое качество продукта, а дополнительным преимуществом в конкурентной борьбе с производителями аналогичной продукции может быть только снижение издержек на производство за счет совершенствования технологии.

Рациональный подход к выбору такой стратегии при производстве кваса может быть обоснован на основе структурно-функционального подхода к технологии производства рассматриваемого продукта.

**Цель работы** – обоснование направления в совершенствовании технологии кваса брожения.

#### **Объекты и методы исследования**

Изучали и анализировали технологию кваса брожения, вырабатываемого настойным методом.

#### **Результаты и их обсуждение**

Структурный подход к совершенствованию технологии кваса оправдан тем, что он позволяет выявить

в рассматриваемой системе составные элементы и связи между ними. На основе функционального подхода предполагается обосновать и сформулировать предложения по совершенствованию технологии кваса.

Известно, что производство хлебного кваса брожения, который пользуется наибольшим спросом у населения, состоит из следующих стадий (рис. 1) [3, 9].

Общая информация по рассматриваемым стадиям может быть представлена следующим образом (табл. 1).

Анализ данных, приведенных в таблице, позволяет сделать следующие выводы:

1. С точки зрения перечня и продолжительности технологических операций стадия «Подготовка сырья и полуфабрикатов» достаточно хорошо обоснована и апробирована.

2. Данная стадия характеризуется высокой трудоемкостью и длительным периодом времени на выработку квасных сухарей, применение которых в последующих технологических процессах приводит к значительным потерям сухих веществ и повышенному объему отходов в виде квасной гущи [3, 9]. Стадия может быть доработана на основе исследований связанных со снижением трудоемкости выработки квасных хлебцев и изменением их технологических свойств, позволяющих интенсифицировать экстракционный процесс и уменьшить отходы квасной гущи.

3. Процесс брожения квасного сусла тесно сопряжен с технологическими свойствами квасных хлебцев и в случае их замены требует обоснования рациональной дозировки нового сырья, а также температуры и длительности процесса брожения.

4. Стадии «Охлаждение и купажирование кваса» и «Розлив кваса в емкости» хорошо отработаны на практике и могут быть реализованы с помощью известного оборудования, применяемого в отрасли для этих целей.

Выполненные к настоящему времени работы в области пищевых технологий, основанные на применении экструзии растительного сырья, позволяют сделать вывод о том, что одним из перспективных направлений совершенствования технологии кваса может быть термопластичная экструзия [1, 12].

Одновременное воздействие на обрабатываемый материал влаги, тепла и механических напряжений в процессе экструзии приводит не только к деструкции

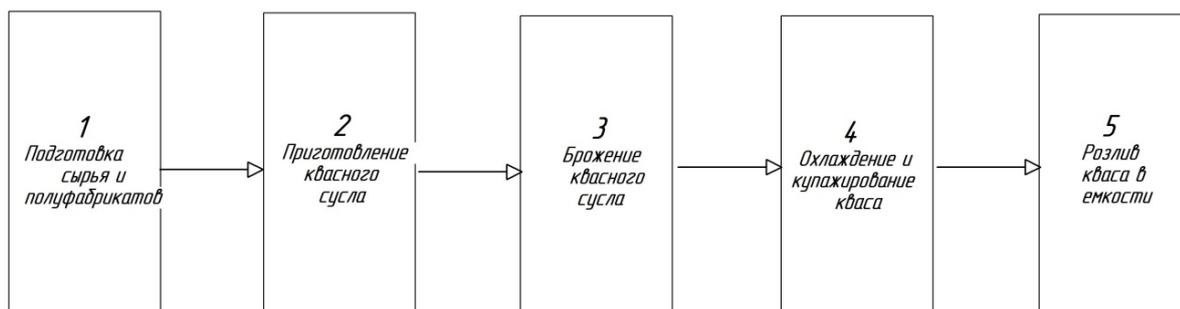


Рис. 1. Стадии производства хлебного кваса брожения

Таблица 1 – Характеристика стадий производства хлебного кваса брожения настойным методом

Стадии производства	Краткая характеристика	Заключение о доработке стадии
1. Подготовка сырья и полуфабрикатов.	В качестве сырья и полуфабрикатов при производстве напитка служат рожь, применяемая в виде солода и муки, ячменный солод, кукурузная мука, квасные хлебцы, сухой квас, концентрат квасного сусла, концентрат кваса, дрожжи, молочнокислые бактерии и вода. При этом наиболее дорогое сырье (в виде сложенных материалов) применяется для осахаривания заторов кваса (сухой ячменный солод), а также с целью придания напитку специфического вкуса и аромата (ржаной солод) [3, 9].	Стадия хорошо обоснована и апробирована.
2. Приготовление квасного сусла.	Приготовление квасного сусла, которое может быть получено настойным или рациональным способами, а также из концентрата квасного сусла. Настойный способ основан на применении квасных хлебцев или сухого кваса и позволяет получать продукт более высокого качества. Суть способа – извлечение с помощью горячей воды экстрактивных веществ сырья с последующим отделением не растворившейся части квасной гущи. Основу стадии составляют технологические операции, связанные с производством квасных хлебцев, которые выпекают из смеси ржаной муки, ржаного и ячменного солодов и воды. Выпечка осуществляется с помощью специальных печей при температуре 50-200 °С в течение 6-8 часов с выдержкой в течение 2 часов при 200 °С. Готовые хлебцы имеют повышенную влажность (до 40 %), вследствие чего они используются сразу путем затирания с водой или хранятся в специальных условиях не более 3 суток [9, 10]. Для относительно длительного хранения квасные хлебцы после выпечки высушивают до влажности не более 10 % и затем измельчают. Полученный таким образом полуфабрикат может в дальнейшем использоваться в виде так называемого сухого кваса. Системный анализ этого элемента позволяет сделать предварительные выводы о наличии в нем составляющих, которые можно оптимизировать или выполнять более рациональными способами.	Стадия может быть доработана с целью снижения трудоемкости получения квасных хлебцев с одновременным изменением их технологических свойств, позволяющих интенсифицировать экстракционный процесс и уменьшить отходы квасной гущи.
3. Брожение квасного сусла.	В бродильный чан заливают охлажденное сусло и комбинированную закваску (чистые культуры дрожжей и молочнокислых бактерий), а также сахарный сироп. Все ингредиенты перемешивают и сусло оставляют бродить при температуре 25-30 °С на 14-16 ч [3, 11].	Стадия может быть доработана с учетом качественных изменений предыдущей стадии.
4. Охлаждение и купаживание кваса.	В сброженное квасное сусло, поступившее в купажный чан, добавляют сахарный сироп, часть концентрата согласно рецептуре и колер. Смесь перемешивают и охлаждают [10].	Стадия может быть оставлена без изменений.
5. Розлив кваса в емкости.	Квас разливают в емкости при температуре не выше 12 °С [9, 10].	Стадия может быть оставлена без изменений.

биополимеров зерна (крахмала и белка), но и в ряде случаев – к реакциям не ферментативного потемнения, в результате чего изменяется цвет готового продукта. Например, имеются данные, подтверждающие, что экструзионная обработка солода перед экстрагированием повышает содержание редуцирующих веществ в экстрактах, увеличивает экстрактивность начального сусла и значительно повышает цветность получаемого продукта [2].

Более широкие возможности в технологическом плане имеет разновидность экструзии – термовакуумная. Эта сравнительно новая технология реализуется с помощью экструдера, дополнительно оснащенного вакуумной камерой [6, 7, 8].

В качестве аргументов ее эффективного применения является разработанный и апробированный в производственных условиях способ производства пива, в основе которого заложены принципы получения экструдатов в условиях пониженного давления

на обрабатываемое сырье при выходе его из фильеры машины. При этом несколько конструкций экструдеров с вакуумной камерой (в том числе энергосберегающего), а также технологии производства пива и экструдатов защищены патентами РФ на изобретения [4, 5, 7, 8].

Новизна предлагаемой технологии кваса обеспечивается за счет замены квасных хлебцев на экструдаты, получаемые на основе термовакуумной обработки основного сырья растительного происхождения. Технология такой обработки позволяет сохранить все наиболее ценные ингредиенты сырья при меньших затратах на его обработку.

В том случае, если при производстве кваса предполагается использование сухого кваса, применение экструдера с вакуумной камерой позволит отказаться от технологической операции сушки квасных хлебцев, так как содержание влаги в готовых экструдатах

регулируется в широких пределах путем изменения давления в вакуумной камере машины [1, 7].

Наличие вакуумной камеры в экструдере позволяет регулировать интенсивность деструкции ингредиентов обрабатываемого сырья и обеспечить их сохранность за счет ограничения верхней границы температурного режима экструзии [1, 6].

### Выводы

Применение экструдера с термовакуумным принципом работы позволяет расширить спектр

возможностей в преобразовании полисахаридов и белков при обработке растительного сырья. Термовакуумный эффект в рабочем процессе экструдера обеспечивает более мягкое и бережное воздействие на витамины, биологические активные вещества и другие полезные ингредиенты обрабатываемого сырья. Тепловые процессы, реализуемые при подготовке сырья планируется осуществлять при температуре не больше 100 °С. Затраты энергетических ресурсов в сравнении с технологиями-аналогами снизятся на 25-30 % при одновременном повышении качества получаемого продукта.

### Список литературы

- [1] Гарш З.Э. Совершенствование технологии ржаных солодовых экстрактов с применением экструзии: дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук: 05.18.01 / Гарш Зинаида Эргардовна. М., 2010. 24 с.
- [2] Куручкин А.А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов /А.А. Куручкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова // Монография. Пенза, 2015. 182 с.
- [3] Оганесянц Л.А. Технология безалкогольных напитков. / Л.А. Оганесянц, А.Л. ПанасюкСПб.: ГИОРД, 2012. 200 с.
- [4] Патент 2412986 Российская Федерация: МПК C12 C 12/00. Способ производства пива /Г.В. Шабурова, Е.В. Тюрина, А.А. Куручкин, П.К. Воронина, А.Б. Терентьев; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия». № 2008149378/10; заявл. 15.12.2008; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6. 5 с.
- [5] Патент 2460315 Российская Федерация МПК7 A23L1/00. Способ производства экструдатов / заявители: Г.В. Шабурова, А.А. Куручкин, П.К. Воронина, Г.В. Авроров, П.А. Ерушов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенская ГТА. № 2011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25. 6 с.
- [6] Пат. 2561934 Российская Федерация МПК7 B29C47/12. Экструдер с вакуумной камерой / заявители: Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, Р.В. Шабнов, А.А. Куручкин, В.А. Авроров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГТУ. № 2014125348; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25. 7 с.
- [7] Пат. 189317 Российская Федерация СПК B29C48/00. Экструдер с вакуумной камерой /заявители: П.К. Гарькина, В.М. Зимняков, А.А. Куручкин, О.Н. Кухарев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГАУ. № 2019105424; заявл. 26.02.2019; опубл. 22.05.2019, Бюл. № 19. 7 с.
- [8] Пат. 192684 Российская Федерация МПК B29 C48/0. Экструдер с вакуумной камерой /Куручкин А.А., Гарькина П.К., Фролов Д.И., Блиновхатов А.А., Потапов М.А. № 2019118768; заявл. 17.06.2019; опубл. 26.09.2019 Бюл. № 27. 7 с.
- [9] Радионова, И.Е. Производство кваса: Учеб.-метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. 39 с.
- [10] Шабурова Г.В. Технология броидильных производств /Г. В. Шабурова, А.А. Куручкин, В.П. ЧистяковПенза, 2006. 296 с.
- [11] Шабурова Г.В. Перспективные технические и технологические решения в производстве кваса /Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, Л.И. Курмаева //Инновационная техника и технология. 2016. № 3. С. 34–40.
- [12] Basinskiene L. et al.: Non-Alcoholic Beverages from Fermented Cereals with Increased Oligosaccharide Content, Food Technol. Biotechnol. 54 (1) 36–44 (2016). doi: 10.17113/ft b.54.01.16.4106.

### References

- [1] Garsh Z.A. Improvement of the technology of rye malt extracts using extrusion: dis. on competition of a scientific degree. academic step. Cand. technical Sciences: 05.18.01 /Garsh Zinaida Argandona.M., 2010.24 p.
- [2] Kurochkin, A.A. The theoretical rationale for the use of the extruded raw material in food technology / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G. V. Shaburova // Monograph, 2015. 182 p.
- [3] Oganesyantz, L.A. Technology of soft drinks. /L. A. Ovanesyants, A. L. Panasyuk SPb.: GIORD, 2012. 200 p.

- [4] Pat. 2412986 Russian Federation: IPC C1212/00. Method of beer production /G. V Shaburova, E. V. Tyurina, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, A. B. Terent'ev; applicant and patentee of the GOU VPO «Penza state technological Academy». No 2008149378/10; Appl. 15.12.2008; publ. 27.02.2011, bull. No. 6. 5 p.
- [5] Pat. 2460315 The Russian Federation, IPC7 A23L1/00. Method for the production of extrudates / applicants: G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, G. V. Avrorov, P. A. Urusov; patentee GOU VPO Penza GTA. No. 2011107960; Appl. 01.03.2011; publ. 10.09.2011, bull. No. 25. 6 p.
- [6] Pat. 2561934 The Russian Federation, IPC B29C47/12. Extruder with vacuum chamber /applicants: G. V. Shaburova, P. K. Voronina, R. W. Shanov, A. A. Kurochkin, V. A. Avrorov; applicant and patentee Federal state educational institution IN Penza state technological University. No 2014125348; Appl. 23.06.2014; publ. 10.09.2015, bull. No25 7 p.
- [7] Pat. 189317 Russian Federation SEC B29C48/00. Vacuum chamber extruder /Applicants: P. K. Garkina, V. M. Zimnyakov, A. A. Kurochkin, O. N. Kuharev; applicant and patent holder FGOU VO Penza GAU. No. 2019105424; declared 02/26/2019; publ. 05/22/2019, Bull. No. 19.7 p.
- [8] Pat. 192684 Russian Federation SEC B29C48/00. Vacuum chamber extruder /Applicants: A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, D. I. Frolov, A. A. Blinohvatov, M. A. Potapov; applicant and patent holder FGOU VO Penza State Technical University. No. 2019118768; declared 06/17/2019; publ. 09/26/2019, Bull. No. 27.7 p.
- [9] Radionova, I. E. Kvass Production: Textbook-method. stipend. SPb.: ITMO University; libt, 2015.39 p.
- [10] Shaburova, V. G. Fermentation Technology /G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, V. P. Chistyakov– Penza, 2006. 296 p.
- [11] Shaburova, G. V. Perspective technical and technological solutions in kvass production /G. V. Shaburova, P. K. Voronina, L. I. Kurmayeva //Innovative equipment and technology.2016.No. 3.P. 34–40.
- [12] Basinskiene L. et al.: Non-Alcoholic Beverages from Fermented Cereals with Increased Oligosaccharide Content, Food Technol. Biotechnol. 54 (1) 36–44 (2016). doi: 10.17113/ft b.54.01.16.4106.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b>                  доктор технических наук                  профессор кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный                  технологический университет»                  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11  <b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03  <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b>                  D.Sc. in Technical Sciences                  professor at the department of «Food productions»                  Penza State Technological University  <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03  <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p><b>Лукьянова Елизавета Александровна</b>                  магистрант кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный                  технологический университет»                  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11  <b>Тел.:</b>  <b>E-mail:</b> liza-lukyanova-97@mail.ru</p>	<p><b>Luk'yanova Elizaveta Aleksandrovna</b>                  undergraduate of the department «Food productions»                  Penza State Technological University  <b>Phone:</b>  <b>E-mail:</b> liza-lukyanova-97@mail.ru</p>

## Технология производства хлебобулочных изделий с экструдатом семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы

*Курочкин А.А., Кудрина А.Н.*

**Аннотация.** В работе представлен материал, свидетельствующий о том, что обогащение хлебобулочных изделий поликомпонентным композитом, полученным путем совместного экструдирования семян тыквы или кабачков с зерном пшеницы, технологически возможно и экономически целесообразно. Предложена технология получения экструдата с функциональными свойствами на основе зерна пшеницы и семян кабачка, который может найти применение при получении функциональных или обогащенных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Теоретически и экспериментально обоснованы параметры технологии хлебобулочных изделий с обогащением поликомпонентным композитом и представлены данные по предварительной оценке полученных изделий.

**Ключевые слова:** технология, хлебобулочные изделия, экструдат, семена тыквы и кабачков, термовакуумная экструзия, вакуумная камера.

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Кудрина А.Н. Технология производства хлебобулочных изделий с экструдатом семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 18–22.

## Technology of production of bakery products with extrudate of pumpkin seeds (zucchini) and wheat grains

*Kurochkin A.A., Kudrina A.N.*

**Abstract.** The paper presents material that indicates that the enrichment of bakery products with a multi-component composite obtained by joint extrusion of pumpkin seeds or zucchini with wheat grain is technologically possible and economically feasible. A technology for producing an extrudate with functional properties based on wheat grain and zucchini seeds, which can be used in the production of functional or enriched bakery and flour confectionery products, is proposed. The parameters of the technology of bakery products enriched with a polycomponent composite are theoretically and experimentally justified, and data on the preliminary assessment of the obtained products are presented.

**Keywords:** technology, bakery products, extrudate, pumpkin and zucchini seeds, thermal vacuum extrusion, vacuum chamber.

**For citation:** Kurochkin A.A., Kudrina A.N. Technology of production of bakery products with extrudate of pumpkin seeds (zucchini) and wheat grains. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.1 (22). pp. 18–22. (In Russ.).

### Введение

Хлеб и хлебобулочные изделия являются объектами повышенного внимания для ученых и практиков, занимающихся вопросами обогащения пищевых продуктов повседневного потребления функциональными ингредиентами. Одним из таких ингредиентов являются семена тыквы и кабачков, применяемые в нативном виде или в составе поликомпонентных композитов [1, 6].

Известен способ приготовления хлебобулочных изделий, включающий приготовление теста путем смешивания предусмотренных рецептурой

компонентов и экструдированных семян тыквы, брожение теста, его разделку, расстойку и выпечку тестовых заготовок.

Экструдированные семена тыквы получают путем обработки в экструдере свежих неочищенных от оболочки семян тыквы влажностью 16-20 % в течение 10-15 с при температуре 130-140 °С с последующим воздействием на выходящее из матрицы экструдера сырье пониженным давлением, равным 0,06-0,07 МПа. Содержание влаги в экструдированном продукте регулируют величиной вакуума на выходе из фильеры матрицы экструдера на уровне не более 9 %. Согласно этому способу

экструдированные семена тыквы следует вносить в тесто в количестве 3-5 % от массы муки [7].

Недостатками данного способа считаются повышенная трудоемкость и выраженный маслянистый вкус получаемых хлебобулочных изделий в том случае, если экструдат семян тыквы добавляется в количестве, достаточном для придания изделию функциональных свойств.

Известен способ производства хлебобулочных изделий, предусматривающий приготовление теста путем смешивания предусмотренных рецептурой компонентов и экструдат семян тыквы и зерна пшеницы, брожение теста, его разделку, расстойку и выпечку тестовых заготовок [9].

Для реализации данного способа экструдат получают путем обработки в машине смеси свежих неочищенных от оболочки семян тыквы влажностью 32-36 % и семян пшеницы влажностью 13-15 %.

Сырье обрабатывается в соотношении 1:4 в течение 10-15 с при температуре 100-105 °С с последующим воздействием на выходящий из матрицы экструдера продукт пониженным давлением, равным 0,07-0,08 МПа. При этом содержание влаги в экструдате на уровне не более 8 % регулируют величиной давления воздуха в вакуумной камере экструдера.

Экструдированную смесь семян тыквы и пшеницы предлагается вносить в тесто в количестве 14-16 % от массы муки высшего сорта или первого сорта или их смеси в любом соотношении.

Данный способ позволяет получить хлебобулочные изделия с обогащенным составом при сохранении их высокого качества и потребительских свойств, а также снизить трудоемкость производства изделий за счет снижения затрат времени на получение экструдата [9].

Вместе с этим данный способ не позволяет экструдировать семена тыквы с повышенной влажностью, а также семена других растений, относящихся к семейству тыквенных.

Вторым и существенным недостатком этого способа является необходимость вносить в замешиваемое тесто значительное количество экструдата – 14-16 %.

Объясняется это тем, что для получения экструдата необходимого качества к семенам тыквы для снижения влажности экструдированной смеси добавляется много пшеницы. В противном случае уменьшение содержания зерна пшеницы, например, до соотношения 1:2 (при тех же параметрах экструзионного процесса) приведет к повышению содержания влаги в экструдированной смеси до 19,3-22 %.

Опыт применения экструдеров с термовакуумным эффектом и имеющих одну вакуумную камеру, показывает, что за один рабочий процесс в такой машине обрабатываемая смесь может снизить свою влажность примерно на 50 % от исходной [2, 4, 8].

Таким образом, повышение влажности семян

тыквы и/или увеличение их содержания в экструдированной смеси не позволит обеспечить приемлемую влажность экструдированного сырья и готового экструдата, а при некоторых соотношениях этих параметров не позволяет осуществлять экструдирование смеси из-за ее повышенной влажности (24 % и больше) [2, 3].

Известно, что семена тыквы могут иметь повышенную влажность в силу разных причин: сорта, условий созревания, стадии зрелости и т.д. При определенных условиях этот параметр может достигать значения 40-45 %.

Следует отметить, что семена некоторых растений из семейства тыквенных, например, кабачков могут полностью заменить семена тыквы, как в противопоставляемом, так и в предлагаемом способе. При этом влажность семян кабачков, в той фазе зрелости, в которой их целесообразно обрабатывать, может достигать 50 % [5].

**Цель работы** – обоснование технологии экструдирования семян тыквы (кабачков) с повышенным содержанием влаги совместно с зерном пшеницы.

#### **Объекты и методы исследования**

Изучали технологические параметры процесса экструзии семян тыквы (кабачков) совместно с зерном пшеницы с помощью модернизированного экструдера, оборудованного вакуумной камерой.

#### **Результаты и их обсуждение**

Кабачок относится к семейству тыквенных и по большинству своих свойств близок к твердокопровой разновидности тыквы. По сравнению с другими растениями этого семейства, он является самой холодостойкой культурой, выдерживающей достаточно большие перепады температуры. Кабачок – культура короткого вегетационного периода. Невысокая требовательность к теплу дает возможность получать высокий урожай кабачков на большей части территории России.

С точки зрения экструдирования, семена кабачков имеют существенный технологический недостаток – в большинстве случаев, когда мякоть кабачков имеет приемлемое качество, семена этого растения еще полностью не созрели и их трудно отделить от семенного гнезда. В этом случае экструдировать их лучше совместно с семенным гнездом, которое представляет собой съедобную мякоть с погруженными в нее семенами. Однако перерабатываемое сырье при этом имеет повышенную влажность – 45-50 % и экструдировать его известными способами невозможно [5].

В связи с этим целью данного этапа работы являлось обоснование технологии получения экструдата, полученного из смеси семян кабачков или тыквы с повышенной влажностью и зерна пшеницы. Экструдат, вырабатываемый по этой технологии, должен обеспечить повышенное качество хлебобу-

лочных изделий при некотором уменьшении его дозировки, вносимой в тесто.

Для решения указанной цели в предлагаемом способе производства хлебобулочных изделий приготовление теста осуществляется путем смешивания предусмотренных рецептурой компонентов и экструдированных, не очищенных от оболочки семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы, после чего проводятся технологические операции брожения теста, его разделки, расстойки, а также выпечка тестовых заготовок.

Экструзионную обработку семян тыквы (кабачков) влажностью 40-48 % в смеси с пшеницей влажностью 13-15 % в соотношении 1:2 осуществляют в экструдере, оснащённом двумя последовательно расположенными вакуумными камерами – предварительного и окончательного обезвоживания, причем в камере предварительного обезвоживания создают пониженное давление (вакуум) 0,02-0,03 МПа, а в камере окончательного обезвоживания – 0,05-0,06 МПа, а температуру экструдата на выходе из фильеры поддерживают на уровне 120-130°C.

Содержание влаги в экструдированном продукте (поликомпонентном композите) регулируют величиной вакуума в камерах предварительного и окончательного обезвоживания и подачей воздуха в них на уровне 8-10%.

Экструдированную смесь семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы добавляют в количестве 5-7 % к массе пшеничной муки высшего сорта или первого сорта или их смеси в любом соотношении.

Обработку сырья можно осуществить с помощью экструдера, включающего загрузочный бункер, корпус, шнек, фильеру матрицы, режущее устройство, две вакуумные камеры, оснащенные системой отвода и конденсации влаги и два шлюзовых затвора.

При этом в первой вакуумной камере экструдат подвергается предварительному обезвоживанию, а во второй – окончательному.

Система отвода и конденсации влаги камер состоит из вакуумного насоса, вакуум-баллона, вакуум-регулятора и вакуум-метра.

Вакуумная камера предварительного обезвоживания расположена соосно корпусу экструдера и соединена с вакуум-баллоном трубопроводом. Для впуска воздуха в камеру предусмотрен воздушный кран.

Вакуумная камера окончательного обезвоживания расположена последовательно камере предварительного обезвоживания и ограничена с обеих сторон двумя шлюзовыми затворами. С системой отвода и конденсации влаги эта камера соединена соответствующим трубопроводом. Для впуска воздуха в камеру служит воздушный кран.

Шлюзовые затворы обеспечивают перемещение экструдата из камеры предварительного обезвоживания в камеру окончательного обезвоживания и далее из камеры окончательного обезвоживания –

за пределы экструдера без разгерметизации вакуумных камер.

Для создания в вакуум-баллонах и соответственно в вакуумных камерах пониженного давления (давления ниже атмосферного) в экструдере предусмотрены два вакуумных насоса.

Вакуум-регуляторы необходимы для регулирования и поддержания заданного давления в вакуум-баллонах. Для контроля давления в вакуум-баллонах экструдера служат вакуум-метры. Конструкция экструдера, приведенного в описании технологического процесса переработки семян тыквы (кабачков) с зерном пшеницы запатентована в Российской Федерации [10].

Экструзионная обработка смеси семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы, а также воздействие пониженного давления на выходе экструдата из фильеры вызывает биохимические изменения, способствующие снижению содержания нативного крахмала и повышению количества водорастворимых углеводов в получаемом полуфабрикате.

Оптимальным является применение измельченного экструдата смеси семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы в количестве 5-7 % к массе муки высшего или первого сорта или их смеси в любом соотношении, что способствует интенсификации спиртового брожения и повышению пищевой ценности хлебобулочных изделий за счет повышения содержания и качества липидов, находящихся в экструдате.

Применение экструдата смеси семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы в количестве менее 5% к массе муки высшего или первого сорта или их смеси в любом соотношении повышает пищевую ценность хлебобулочных изделий, но приводит к незначительному улучшению органолептических и физико-химических показателей, таких как пористость и удельный объем.

Применение экструдата смеси семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы в количестве более 7 % к массе пшеничной муки высшего сорта или первого сорта или их смеси в любом соотношении повышает пищевую ценность хлебобулочных изделий, но приводит к ухудшению внешнего вида изделий, снижает органолептические показатели, удельный объем, пористость и потребительские свойства получаемого продукта.

Предлагаемый способ приготовления хлебобулочных изделий реализуется следующим образом. На первом этапе получают поликомпонентный композит, для чего смесь свежих неочищенных от оболочки семян тыквы (кабачков) влажностью 40-48 % и семян пшеницы влажностью 13-15% в соотношении 1:2 обрабатывают в экструдере при температуре 120-130 °С.

На выходящий из фильеры машины экструдат в камере предварительного обезвоживания воздействуют пониженным давлением, равным 0,02-0,03 МПа с целью более интенсивного «вскипания» (вспучивания) и достижения в нем влаги не более

Таблица 1 – Показатели хлеба

Показатели хлеба	Контрольный образец	Опытный образец
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,6	3,7
Пористость, %	70,2	73
Влажность, %	43,8	41,5
Кислотность, град.	2,2	2,1
Формоустойчивость, Н:Д	0,43	0,45
Срок хранения, без изменения внешнего вида и вкуса, ч	53	59

20 %. Одновременно экструдат разрезается на частицы размером 1 мм режущим устройством, входящим в состав экструдера.

При поступлении в камеру окончательного обезвоживания на экструдат воздействуют пониженным давлением, равным 0,05-0,06 МПа с целью достижения в нем влаги 8-10%. Полученный экструдат смешивают с ингредиентами, входящими в рецептуру хлебобулочного изделия в количестве 5-7% к массе используемой для замеса пшеничной муки высшего сорта или первого сорта или их смеси в любом соотношении.

На втором этапе выпекают хлебобулочные изделия, для чего готовят тесто из пшеничной муки высшего сорта или первого сорта или их смеси в любом соотношении, дрожжей хлебопекарных прессованных, раствора соли, воды, экструдата смеси семян тыквы (кабачков) и зерна пшеницы (6% к массе муки).

Замешенное тесто с влажностью 44-46 % оставляют для брожения на 160 минут при температуре 32-34 °С. Во время брожения через 50-55 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 °С и относительной влажности 80-85 %.

Расстоявшиеся тестовые заготовки направляют на выпечку при температуре 220-225 °С. Продолжительность выпечки составляет 25-30 минут.

Результаты оценки показателей качества хлеба, приготовленного по предлагаемому способу и выпеченного по прототипу, приведены в таблице 1.

Таким образом, при использовании экструдата смеси семян тыквы (кабачка) и зерна пшеницы в количестве 6 % к массе муки пшеничной первого сорта 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.

### Выводы

Применение предлагаемого способа позволяет получить хлебобулочные изделия, обогащенные функциональными ингредиентами, при сохранении высокого качества и использовать для производства этих изделий семена тыквы (кабачков) с влажностью 40-48 %.

### Список литературы

- [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.
- [2] 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.
- [3] Курочкин, А.А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон /А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов //Техника и технологии пищевых производств. 2016. Т. 42. № 3. С. 104–111.
- [4] Курочкин, А.А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата / А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. 2014. № 4. С. 17–21.
- [5] Курочкин, А.А. Обоснование технологии экструдирования семян кабачков /А.А. Курочкин, А.Н. Кудрина //Инновационная техника и технология. 2019. № 1 (18). С. 5–9.
- [6] Милованова, Е.С. Разработка технологических решений по использованию продуктов переработки

семян тыквы при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 /Милованова Екатерина Станиславовна. Краснодар, 2010. 26 с.

- [7] Пат. 2486753 Российская Федерация МПК А21D8/02, А21D2/36. Способ производства хлебобулочных изделий /Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, Е.В. Петросова, И.Н. Шешницан, Л.Ю. Кулыгина; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского». – № 2011110417/13; заявл. 18.03.2011; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 19. 7 с.
- [8] Пат. 189317 Российская Федерация СПК В29С48/00. Экструдер с вакуумной камерой /заявители: П.К. Гарькина, В.М. Зимняков, А.А. Курочкин, О.Н. Кухарев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГАУ. № 2019105424; заявл. 26.02.2019; опубл. 22.05.2019, Бюл. № 19. 7 с.

## References

- [1] Voronina, P.K. Multifunctional composite with a high content of dietary fiber / P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No. 4. P. 65–71.
- [2] Kurochkin, A.A. The theoretical rationale for the use of the extruded raw material in food technology / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova // Monograph. Penza, 2015. 182 p.
- [3] Kurochkin, A.A. The extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and dietary fibers /A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova, D.I. Frolov //Equipment and technologies for food production. 2016. Vol. 42. No. 3. P. 104–111.
- [4] Kurochkin, A. A. A systematic approach to the development of thermal vacuum extruder for processing of the extrudate /A. A. Kurochkin //Innovative machinery and technology. 2014. No. 4 (01). P. 17–22.
- [5] Kurochkin, A.A. Justification of the technology of extrusion of zucchini seeds /A. A. Kurochkin, A. N. Kudrina //Innovative equipment and technology. 2019. No. 1 (18). P. 5–9.
- [6] Milovanova, E.S. Development of technological solutions for the use of products of pumpkin seeds processing in the production of bakery products of increased nutritional value: autoref. dis. ...kand. Techn. Sciences: 05.18.01 /Milovanova Ekaterina Stanislavovna. Krasnodar, 2010. 26 p.
- [7] Patent 2486753 Russian Federation IPC A21D8/02, 2/36 A21D. Method of production of Glebovo-lichnyh products /G. V. Shaburova, A.A. Kurochkin, E. V. Petrosova, I.N. Sheshnitsan, L.Y. Kulygina; applicant and patent holder FGBOU VPO «Moscow state University of technologies and management named after K.G. Razumovskiy». No 2011110417/13; Appl. 18.03.2011; publ. 10.07.2013, bull. No. 19. 7 p.
- [8] Pat. 2592619 The Russian Federation, IPC A21D8/02. A method of producing bakery products /G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A. A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkova; patentee GOU VO Penza GTU. No2015109402/13; Appl. 17.03.2015; publ.27.07.2016, bull. No. 21. 8 p.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

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

## Изучение влияния факторов экструзионного процесса на индекс расширения экструдата из кукурузы

*Фролов Д.И., Чистякова Е.А.*

**Аннотация.** Исследование направлено на изучение эффектов процесса экструзии и характеристик экструдата из кукурузы с добавлением соевого остатка. Смесь кукурузной крупы и муки из соевых остатков экструдуют с помощью одношнекового экструдера для получения экструдата с высоким содержанием белка. Экспериментальное исследование было выполнено с использованием плана Бокса-Бенкена, а методология поверхности отклика была использована для оценки влияния на параметры экструзии, такие как индекс расширения экструдата (B) и плотность (D). В качестве факторов экструзии, влияющих на конечный продукт использовались скорость шнека (350–450 об/мин), содержание соевого остатка в смеси (20–40 %) и влажность смеси (14–18 %). Дисперсионный анализ показал, что наиболее значимыми переменными являются остаток сои, который оказывает отрицательное влияние на индекс расширения экструдата, и скорость шнека, которая оказывает положительное влияние на индекс расширения экструдата, в то время как влажность смеси незначительно повлияла на эти характеристики.

**Ключевые слова:** кукуруза, пищевая экструзия, соя, соевый остаток, влажность смеси.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Чистякова Е.А. Изучение влияния факторов экструзионного процесса на индекс расширения экструдата из кукурузы // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 23–28.

## Study of the influence of extrusion process factors on the extrudate expansion index from corn

*Frolov D.I., Chistyakova E.A.*

**Abstract.** The study is aimed at studying the effects of the extrusion process and the characteristics of the extrudate from corn with the addition of soybean residue. A mixture of corn grits and flour from soy residues is extruded using a single screw extruder to obtain a high protein extrudate. An experimental study was performed using the Box-Benken plan, and the response surface methodology was used to evaluate the effect on extrusion parameters, such as extrudate expansion index (B) and density (D). As the extrusion factors affecting the final product, we used the screw speed (350–450 rpm), the content of soybean residue in the mixture (20–40 %) and the moisture content of the mixture (14–18 %). Analysis of variance showed that the most significant variables are soybean residue, which has a negative effect on the extrudate expansion index, and screw speed, which has a positive effect on the extrudate expansion index, while the moisture content of the mixture slightly affected these characteristics.

**Keywords:** corn, food extrusion, soy, soybean residue, mixture moisture.

**For citation:** Frolov D.I., Chistyakova E.A. Study of the influence of extrusion process factors on the extrudate expansion index from corn. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.1 (22). pp. 23–28. (In Russ.).

### Введение

Соевый остаток, является побочным продуктом переработки соевого молока. На каждый 1 кг семян сои можно получить около 2,5 кг свежего соевого остатка с содержанием влаги более 80 % [7].

Количество соевого остатка, производимого ежегодно, приводит к серьезной проблеме утилиза-

ции, большая часть которого сбрасывается и сжигается как отходы [8], хотя он является хорошим источником питательных веществ, особенно в отношении содержания белка. Следовательно, возможно использование соевого остатка в качестве пищи для человека.

Экструзионная технология является экономичным и широко распространенным методом обра-

Таблица 1 – Регрессионные модели

Параметр	Регрессионная модель	Коэффициент детерминации R <sup>2</sup>	Значимость, p
B (см/см)	$B = 2,15 + 0,113X_1 - 0,343X_2 + 0,083X_3 - 0,014X_1X_2 - 0,013X_1X_3 - 0,045X_2X_3 - 0,052X_1^2 + 0,092X_2^2 - 0,045X_3^2$	0,95	<0,00
D (г/см <sup>3</sup> )	$D = 0,327 - 0,025X_1 + 0,076X_2 - 0,01X_3 - 0,017X_1X_2 - 0,018X_1X_3 + 0,009X_2X_3 + 0,006X_1^2 - 0,004X_2^2 - 0,011X_3^2$	0,89	0,01

ботки пищевых продуктов, который включает процесс смешивания, варки и формования в течение короткого времени и при высокой температуре [14, 17, 18, 19, 20, 24].

Чтобы увеличить количество питательных веществ в экструдате на основе крахмалосодержащего сырья, можно добавлять растительные и фруктовые побочные продукты. Обычно сырьем, используемым в продукте на основе крахмала, являются пшеница, кукуруза, рис и картофель [3, 21, 23]. Некоторые исследования были направлены на добавление растительных или фруктовых побочных продуктов для улучшения экструдированных закусок, таких как побочный продукт переработки пива [5, 10, 11, 16].

Поэтому целью данного исследования является изучение влияния переменных экструзии, таких как скорость шнека, содержание остатка сои и влажность смеси, на характеристики экструдата из кукурузы, обогащенного остатком сои, включая индекс расширения экструдата и плотность.

#### Объекты и методы исследований

Свежий соевый остаток был приобретен у поставщика соевого молока. Свежий соевый остаток (88 % по массе) сушили при 60 °С в сушилке, измельчали с помощью молотковой мельницы и хранили при комнатной температуре. Кукурузная крупа была приобретена на сельскохозяйственном рынке.

Соевый остаток смешивали с кукурузной мукой в количестве 20, 30 и 40 % по массе и экструдировали с помощью одношнекового экструдера. Скорость шнека устанавливалась на уровнях 350, 400 и 450 об/мин, а температура экструзии была зафиксирована на уровне 100 °С. Влажность смеси была установлена на уровне 14 %, 16 % и 18 %. Затем экструдат сушили в сушилке при температуре 80 °С в течение 10 минут и упаковывали в полипропиленовый пластиковый пакет и хранили при комнатной температуре до анализа.

Индекс расширения экструдата (B) определялся путем измерения диаметра экструдата штангенциркулем. Случайным образом измерялись 10 образцов экструдата. Далее индекс расширения экструдата был рассчитан [1].

Плотность (D) определялась следующим обра-

зом: экструдаты разрезали на длину 4 см и 10 образцов экструдата были случайным образом взвешены, измеряли их фактический геометрический диаметр и длину, и произведен расчет плотности.

Эксперимент был выполнен с использованием трехуровневого трехфакторного плана Бокса-Бенкена с помощью методологии поверхности отклика в программе Statistica и Origin. Три независимых переменных включали скорость шнека (X<sub>1</sub>, об/мин), содержание соевого остатка (X<sub>2</sub>, %) и влажность смеси (X<sub>3</sub>, %). Всего было проведено 15 экспериментов. Регрессионный анализ был выполнен для создания модели поверхности отклика. Для получения уравнения регрессии была использована полиномиальная модель второго порядка (уравнение 1) и исследована на предмет ее соответствия для описания поверхности отклика.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

где Y – B и D;

$\beta_0$ ,  $\beta_{ii}$  и  $\beta_{ij}$  – постоянные коэффициенты;

X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub> – кодированные независимые переменные.

Функции подгонки всех моделей были определены с использованием дисперсионного анализа.

#### Результаты и их обсуждение

Свежий остаток сои содержит 88 % влаги. После сушки при 60 °С с помощью сушилки и измельчения, высушенный остаток сои состоит из 11,54 % влаги и 22,43 % белка, тогда как кукурузная крупа состоит из 6,74 % влаги и 6,44 % белка. Содержание белка в экструдатах варьировалось от 9,61 до 12,82 %. Было оценено влияние трех различных уровней переменных экструзии на характеристики экструдата.

Индекс расширения экструдата (B) указывает на качество вспучивания экструдата [9]. Значения индекса расширения экструдата варьировались от 1,745 до 2,670. Таблица 1 показывает, что подобранная модель была нелинейной. Линейный эффект X<sub>2</sub> (содержание соевого остатка) (p < 0,00) отрицательно влияет на индекс расширения экструдата, в то

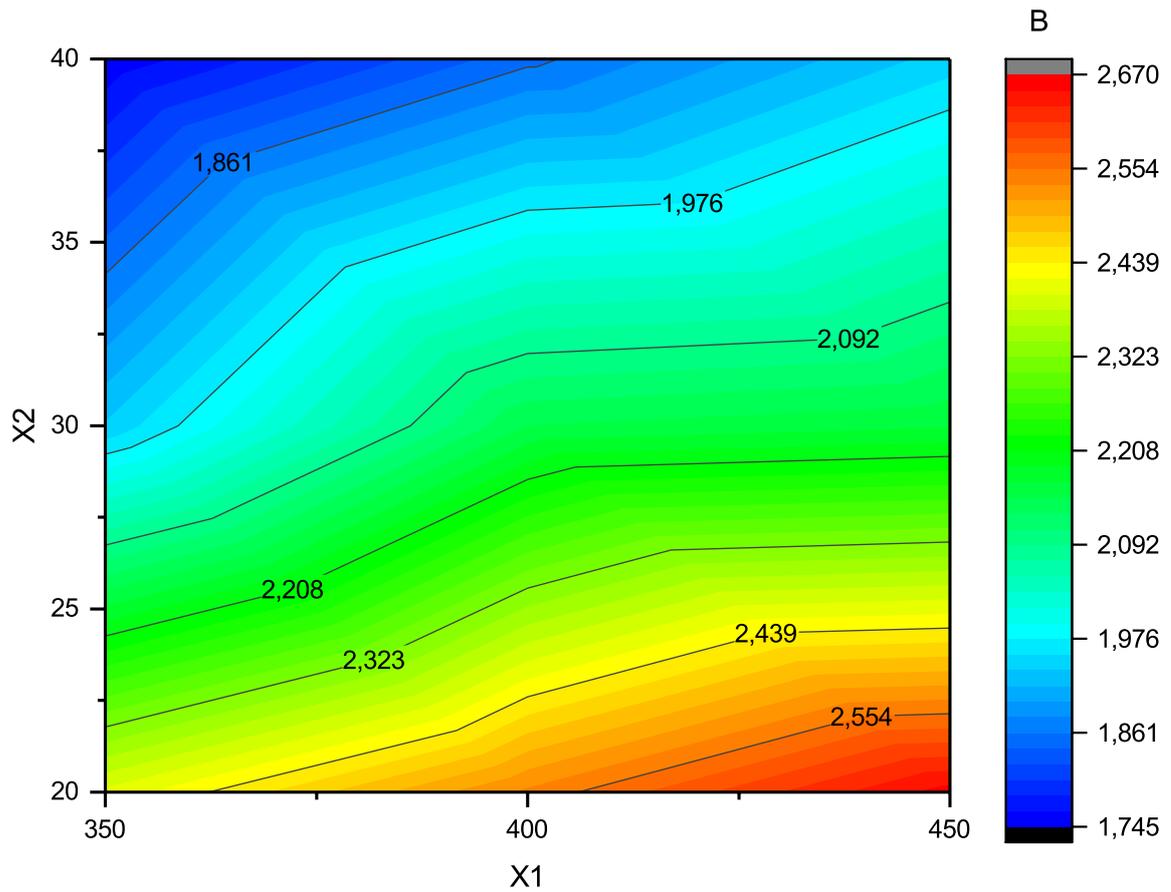


Рис. 1. Влияние переменных: скорость шнека (X1, об/мин) и содержание соевого остатка (X2, %) на индекс расширения экструдата (B, см/см)

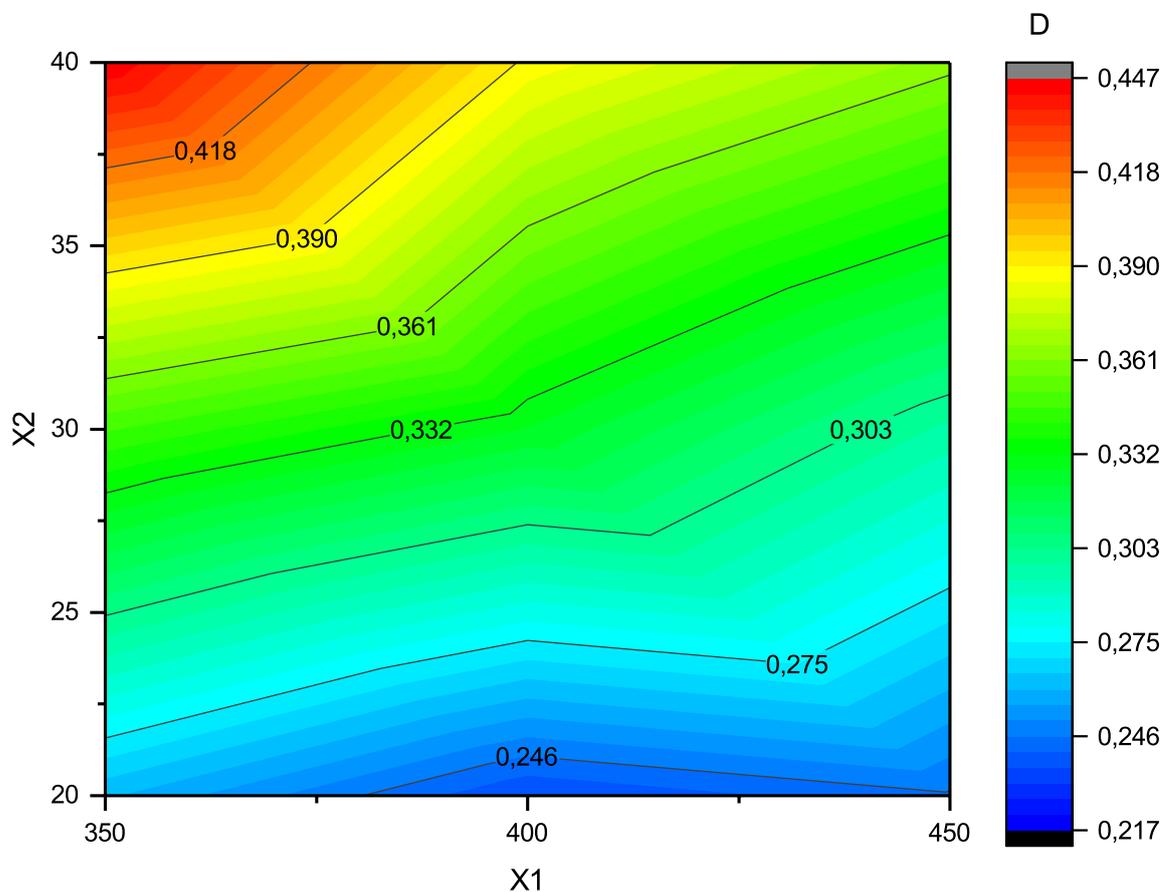


Рис. 2. Влияние переменных: скорость шнека (X1, об/мин) и содержание соевого остатка (X2, %) на плотность экструдата (D, г/см³)

время как скорость шнека ( $p = 0,01$ ) и влажность смеси ( $p = 0,05$ ) положительно влияют на индекс расширения экструдата. На рисунке 1 показано, что при влажности смеси 16 % индекс расширения экструдата снижается с увеличением содержания соевого остатка при изменении скорости шнека с 350 до 450 об/мин. Из-за присутствия волокон в соевом остатке в продукте предотвращается выброс испаряющегося пара, что приводит к расширению продукта [1]. Наблюдалось много результатов исследований где добавлялось сырье для уменьшенной степени расширения волокна в экструдатах [3]. Кроме того, в исследованиях сообщалось, что взаимодействия крахмал-белок также оказывали отрицательное влияние на индекс расширения экструдата, в то время как скорость шнека оказывала положительное влияние на индекс расширения экструдата [2, 6]. Влажность смеси снижалась с уменьшением индекса расширения экструдата экструдированных продуктов. Низкая влажность в смеси может привести к малому испарению воды, что приведет к снижению индекса расширения экструдата [9].

Значения плотности ( $D$ ) варьировались от 0,217 до 0,447 г/см<sup>3</sup>. В таблице 1 показано, что линейный член в уравнении регрессии  $X_1$  оказывал

положительное влияние ( $p < 0,00$ ), в то время как скорость шнека ( $p = 0,06$ ) оказывала отрицательное влияние на плотность. Увеличение влажности смеси с 20 до 40 % увеличивало плотность. Более того, увеличение скорости шнека уменьшало значение плотности при определенном уровне содержания соевого остатка (рис. 2). Можно объяснить, что волокно имеет тенденцию разрушать клеточные стенки до того, как пузырьки воздуха расширились, поэтому максимальное расширение продукта было предотвращено [4, 13, 15, 22]. Такие же результаты влияния скорости шнека на плотность наблюдались у других исследователей [12]. Данные показывают, что плотность отрицательно коррелировала с индексом расширения экструдата.

### Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что содержание остатка сои и скорость шнека значительно влияли на характеристики экструдата. Остаток сои оказал значительное влияние на индекс расширения экструдата, в то время как скорость шнека оказала значительное влияние на индекс расширения экструдата и плотность.

### Список литературы

- [1] Alam M. S., Pathania S., Sharma A. Optimization of the extrusion process for development of high fibre soybean-rice ready-to-eat snacks using carrot pomace and cauliflower trimmings // *LWT*. 2016. Т. 74. С. 135-144.
- [2] Beck S. M. et al. Low moisture extrusion of pea protein and pea fibre fortified rice starch blends // *Journal of Food Engineering*. 2018. Т. 231. С. 61-71.
- [3] Jangchud K. et al. Optimization of pumpkin and feed moisture content to produce healthy pumpkin-germinated brown rice extruded snacks // *Agriculture and Natural Resources*. 2018. Т. 52. №. 6. С. 550-556.
- [4] Jozinović A. et al. Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits // *Journal of Food Engineering*. 2016. Т. 172. С. 31-37.
- [5] Korkerd S. et al. Expansion and functional properties of extruded snacks enriched with nutrition sources from food processing by-products // *Journal of food science and technology*. 2016. Т. 53. №. 1. С. 561-570.
- [6] Kristiawan M. et al. Multi-scale structural changes of starch and proteins during pea flour extrusion // *Food research international*. 2018. Т. 108. С. 203-215.
- [7] Li H. et al. A novel in-situ enhanced blasting extrusion technique Extrudate analysis and optimization of processing conditions with okara // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2012. Т. 16. С. 80-88.
- [8] Lu F., Liu Y., Li B. Okara dietary fiber and hypoglycemic effect of okara foods // *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2013. Т. 2. №. 2. С. 126-132.
- [9] Maskan M., Altan A. *Advances in food extrusion technology*. CRC press, 2016.
- [10] Stojceska V. et al. The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology // *Journal of Cereal Science*. 2008. Т. 47. №. 3. С. 469-479.
- [11] YAĞCI S., GÖĞÜŞ F. Development of extruded snack from food by-products: a response surface analysis // *Journal of food process engineering*. 2009. Т. 32. №. 4. С. 565-586.
- [12] Zhu L. J. et al. Mechanical and microstructural properties of soy protein-high amylose corn starch extrudates in relation to physiochemical changes of starch during extrusion // *Journal of food engineering*. 2010. Т. 100. №. 2. С. 232-238.
- [13] Курочкин А.А., Фролов Д.И. Применение компьютерных средств разработки программ для автоматизации расчета индекса расширения экструдата овса // *Информационные технологии в экономических и технических задачах: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции*. Пенза, 2016. С. 300–302.
- [14] Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Фролов Д.И. Получение экструдатов крахмалсодержащего зернового

- сырья с заданной пористостью // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С. 109–114.
- [15] Научно-технологическое обоснование энергоэффективной технологии экструдирования сельскохозяйственного сырья / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы (24–25 мая 2016 г.): Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова. Саранск, 2016. С. 338–344.
- [16] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного суслу с использованием экструдированного ячменя / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Д.И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С. 103–109.
- [17] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [18] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В.М. Зимняков, О.Н. Кухарев, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45). С. 157–163.
- [19] Способ производства хлебобулочных изделий : пат. 2579488 Российская Федерация : МПК А 21 D 8/02 / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, Н.Н. Шматкова ; 2014146596/13 ; заявл. 19.11.2014 ; опубл. 10.4.2016, Бюл. №10. 8 с.
- [20] Способ производства хлебобулочных изделий : пат. 2592619 Российская Федерация : МПК А 21 D 8/02 / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, Н.Н. Шматкова ; 2015109402/13 ; заявл. 17.3.2015 ; опубл. 27.7.2016, Бюл. №21. 8 с.
- [21] Теоретическое обоснование термовакуумного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 15–20.
- [22] Фролов Д.И., Курочкин А.А. Информатизация процесса экструдирования овса с помощью программы расчета индекса расширения экструдата // Пищевые инновации и биотехнологии: Материалы IV Международной научной конференции / под общ. ред. М.П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». Кемерово, 2016. С. 253–255.
- [23] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 3 (42). С. 104–111.
- [24] Экструдер с вакуумной камерой : пат. 192684 Российская Федерация : МПК В29С 48/00 / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, Д.И. Фролов, А.А. Блинохватов, М.А. Потапов ; 2019118768 ; заявл. 17.6.2019 ; опубл. 26.9.2019, Бюл. №27. 7 с.

## References

- [1] Alam M. S., Pathania S., Sharma A. Optimization of the extrusion process for development of high fiber soybean-rice ready-to-eat snacks using carrot pomace and cauliflower trimmings // LWT. 2016.V. 74.P. 135-144.
- [2] Beck S. M. et al. Low moisture extrusion of pea protein and pea fiber fortified rice starch blends // Journal of Food Engineering. 2018.Vol. 231.P. 61-71.
- [3] Jangchud K. et al. Optimization of pumpkin and feed moisture content to produce healthy pumpkin-germinated brown rice extruded snacks // Agriculture and Natural Resources. 2018.V. 52. No. 6.P. 550-556.
- [4] Jozinović A. et al. Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits // Journal of Food Engineering. 2016.Vol. 172.P. 31-37.
- [5] Korkerd S. et al. Expansion and functional properties of extruded snacks enriched with nutrition sources from food processing by-products // Journal of food science and technology. 2016.V. 53. No. 1, p. 561-570.
- [6] Kristiawan M. et al. Multi-scale structural changes of starch and proteins during pea flour extrusion // Food research international. 2018.V. 108.P. 203-215.
- [7] Li H. et al. A novel in-situ enhanced blasting extrusion technique Extrudate analysis and optimization of processing conditions with okara // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2012.V. 16.P. 80-88.
- [8] Lu F., Liu Y., Li B. Okara dietary fiber and hypoglycemic effect of okara foods // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fiber. 2013.V. 2.No. 2, p. 126-132.
- [9] Maskan M., Altan A. Advances in food extrusion technology. CRC press, 2016.
- [10] Stojceska V. et al. The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology // Journal of Cereal Science. 2008.V. 47. No. 3, pp. 469-479.
- [11] YAĞCI S., GÖĞÜŞ F. Development of extruded snack from food by-products: a response surface analysis // Journal of food process engineering. 2009.V. 32. No. 4.P. 565-586.
- [12] Zhu L. J. et al. Mechanical and microstructural properties of soy protein – high amylose corn starch

- extrudates in relation to physiochemical changes of starch during extrusion // Journal of food engineering. 2010.V. 100. No. 2, pp. 232-238.
- [13] Kurochkin A.A., Frolov D.I. The use of computer-aided software development tools for automating the calculation of the oat extrudate expansion index // Information Technologies in Economic and Technical Problems: Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. Penza, 2016. PP. 300-302.
- [14] Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Frolov D.I. Obtaining extrudates of starch-containing grain raw materials with a given porosity // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2014. No. 6 (22). PP. 109–114.
- [15] Scientific and technological substantiation of energy-efficient technology for the extrusion of agricultural raw materials / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Energy-efficient and resource-saving technologies and systems (May 24–25, 2016): Collection of scientific papers of the international scientific and practical conference dedicated to the memory of Doctor of Technical Sciences, Professor F. Kh. Burumkulov. Saransk, 2016.PP. 338–344.
- [16] Optimization of the composition of grain products in the production of beer wort using extruded barley / G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, D.I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2014. No. 6 (22). PP. 103–109.
- [17] Improving the efficiency of dehydration of the extrudate in the vacuum chamber of a modernized extruder / DI Frolov [et al.] // Niva Volga. 2019.No 2 (51). PP. 134–143.
- [18] Rational technological parameters in the production of a multicomponent composite based on flax seeds / V.M. Zimnyakov, O.N. Kukharev, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // Niva Volga. 2017. No. 4 (45). PP. 157–163.
- [19] Method for the production of bakery products: US Pat. 2579488 Russian Federation: IPC A 21 D 8/02 / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkov; 2014146596/13; declared 11/19/2014; publ. 04/10/2016, Bull. No. 10. 8 sec
- [20] Method for the production of bakery products: US Pat. 2592619 Russian Federation: IPC A 21 D 8/02 / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkov; 2015109402/13; declared 3/3/2015; publ. 7/27/2016, Bull. No. 21. 8 sec
- [21] Theoretical substantiation of thermal vacuum effect in the working process of a modernized extruder / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No 3. P. 15–20.
- [22] Frolov D.I., Kurochkin A.A. Informatization of the process of extrusion of oats using a program for calculating the extrudate expansion index // Food Innovation and Biotechnology: Materials of the IV International Scientific Conference / ed. ed. M.P. Kirsanova; FSBEI of HE «Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University).» Kemerovo, 2016.PP. 253–255.
- [23] Extrudates from plant materials with a high content of lipids and dietary fiber / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Technique and technology of food production. 2016. No. 3 (42). PP. 104–111.
- [24] Extruder with a vacuum chamber: US Pat. 192684 Russian Federation: IPC B29C 48/00 / A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, D.I. Frolov, A.A. Blinohvatov, M.A. Potapov; 2019118768; declared 6/17/2019; publ. September 26, 2019, Bull. Number 27. 7 p.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## Исследование водопогложительных свойств и твердости экструдата на основе кукурузы и окары

*Фролов Д.И., Чушкина А.В.*

**Аннотация.** Окара – соевый остаток, продукт, получаемый при производстве соевого молока. Также является ценным пищевым продуктом, содержит много клетчатки и белка. Однако при употреблении в пищу сырой остаток сои нежелателен из-за присутствия ингибиторов ферментов и неприятного «рыбного» и «бобового» вкуса. Поэтому остаток сои нужно подвергнуть тепловой обработке перед включением в различные пищевые продукты. Для получения экструдата на основе кукурузы и окары смесь кукурузной крупы и муки из окары экструдировали с помощью одношнекового экструдера. Статистическая обработка эксперимента была произведена с помощью плана поверхности отклика. В качестве независимых факторов были использованы такие факторы влияния на параметры экструзии как: скорость шнека (350-450 об/мин), содержание соевого остатка в смеси (20-40 %) и влажность смеси (14-18 %). В качестве зависимых переменных были рассмотрены: показатель водопоглощения (WAI), индекс растворимости в воде (WSI) и твердость (H). Результаты исследования показали, что наиболее значимыми переменными являются содержание остатка сои, который оказывает положительное влияние на твердость, и скорость шнека, которая оказывает положительное влияние на твердость, в то время как влажность смеси незначительна по большинству характеристик.

**Ключевые слова:** экструзия, окара, кукуруза, водопоглощение, растворимость.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Чушкина А.В. Исследование водопогложительных свойств и твердости экструдата на основе кукурузы и окары // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 29–35.

## Study of the water-absorbing properties and hardness of an extrudate based on corn and okara

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

**Abstract.** Okara – soybean residue, a product obtained from the production of soy milk. It is also a valuable food product, contains a lot of fiber and protein. However, when consumed in food, a raw soybean residue is undesirable due to the presence of enzyme inhibitors and an unpleasant «fish» and «bean» taste. Therefore, the remainder of soybeans must be subjected to heat treatment before being included in various food products. To obtain an extrudate based on corn and okara, a mixture of corn grits and flour from okara was extruded using a single screw extruder. Statistical processing of the experiment was performed using the response surface plan. As independent factors, such factors of influence on the extrusion parameters were used as: screw speed (350-450 rpm), the content of soybean residue in the mixture (20-40%) and the humidity of the mixture (14-18%). The following variables were considered as dependent variables: water absorption index (WAI), water solubility index (WSI) and hardness (H). The results of the study showed that the most significant variables are the content of soybean residue, which has a positive effect on hardness, and the screw speed, which has a positive effect on hardness, while the moisture content of the mixture is insignificant in most characteristics.

**Keywords:** extrusion, okara, corn, water absorption, solubility.

**For citation:** Frolov D.I., Chushkina A.V. Study of the water-absorbing properties and hardness of an extrudate based on corn and okara. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.1 (22). pp. 29–35. (In Russ.).

## Введение

Окара – соевая пульпа (соевый остаток), продукт, получаемый при производстве соевого молока. Также является ценным пищевым продуктом, содержит много клетчатки и белка. Однако при употреблении в пищу сырой остаток сои нежелателен из-за присутствия ингибиторов ферментов и неприятного «рыбного» и «бобового» вкуса. Поэтому остаток сои нужно подвергнуть тепловой обработке перед включением в различные пищевые продукты, такие как, хлеб, рисовая лапша, жмых и т. д. [10].

Преимуществами процесса экструзии являются его высокая производительность, низкая стоимость, непрерывное производство, небольшая длительность процесса, уникальный по свойствам продукт и универсальность [4, 11, 13, 15, 16, 20, 21].

Кроме того, во время процесса экструзии может быть осуществлена трансформация крахмала, белка и полимера целлюлозы [3, 12, 14, 17, 18, 19, 22], и процесс экструзии может модифицировать состав остатка сои, разрушая ингибитор фермента и аллерген, и улучшая содержание волокон с ускорением деполимеризации гликозидных связей [7].

Поэтому целью данного исследования является изучение влияния переменных экструзии на показатель водопоглощения, индекс растворимости в воде и твердость экструдата из кукурузы, обогащенного остатком сои.

## Объекты и методы исследования

Соевый остаток был приобретен у поставщика соевого молока. Свежий соевый остаток (88 %) сушили при 60 °С в лотковой сушилке, измельчали с помощью молотковой мельницы и хранили при комнатной температуре.

Соевый остаток смешивали с кукурузной мукой в количестве 20, 30 и 40 % по массе и экструдировали с помощью одношнекового экструдера.

Скорость шнека устанавливалась на уровнях 350, 400 и 450 об/мин, а температура экструзии была зафиксирована на уровне 100 °С. Влажность смеси была установлена на уровне 14 %, 16 % и 18 %. Затем экструдат сушили в сушилке при температуре 80 °С в течение 10 минут и упаковывали в полипропиленовый пластиковый пакет и хранили при комнатной температуре до анализа.

Индекс водопоглощения и индекс водорастворимости определяли следующим образом: 2,5 грамма измельченного образца растворяли в 30 мл дистиллированной воды, перемешивали и затем центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 минут. Супернатант отделяли и сушили на плите, затем сушили при 105 °С в печи с горячим воздухом до постоянного веса [5]. Индекс водопоглощения (WAI) и индекс водорастворимости (WSI) были рассчитаны по уравнениям:

$$WAI = \frac{P_o}{P_s} \quad (1)$$

где WAI – индекс водопоглощения, г/г;  
P<sub>o</sub> – масса осадка, г;  
P<sub>s</sub> – сухой вес экструдата, г;

$$WSI = \frac{P_w}{P_s} 100 \quad (2)$$

где P<sub>w</sub> – масса растворенных твердых частиц в супернатанте, г;

WSI – индекс растворимости в воде, %.

Измерения WAI и WSI были сделаны в трех экземплярах.

Твердость определяли как максимальное пиковое усилие, используя анализатор текстуры TA.XT.

Таблица 1 – Регрессионные модели

Параметр	Регрессионная модель	Коэффициент детерминации R <sup>2</sup>	Значимость, p
WAI (г/г)	$WAI = 6,26 + 0,092X_1 - 0,337X_2 - 0,014X_3 + 0,117X_1X_2 - 0,005X_1X_3 - 0,215X_2X_3 - 0,136X_1^2 - 0,181X_2^2 - 0,153X_3^2$	0,83	0,04
WSI (%)	$WSI = 13,62 - 0,154X_1 - 1,07X_2 + 2,83X_3 + 0,335X_1X_2 + 1,64X_1X_3 - 2,80X_2X_3 - 0,697X_1^2 - 1,40X_2^2 + 0,726X_3^2$	0,84	0,04
H (Н)	$H = 26,10 + 2,49X_1 + 3,29X_2 - 2,49X_3 + 4,61X_1X_2 + 1,24X_1X_3 + 2,32X_2X_3 + 2,73X_1^2 - 0,486X_2^2 - 0,805X_3^2$	0,81	0,03

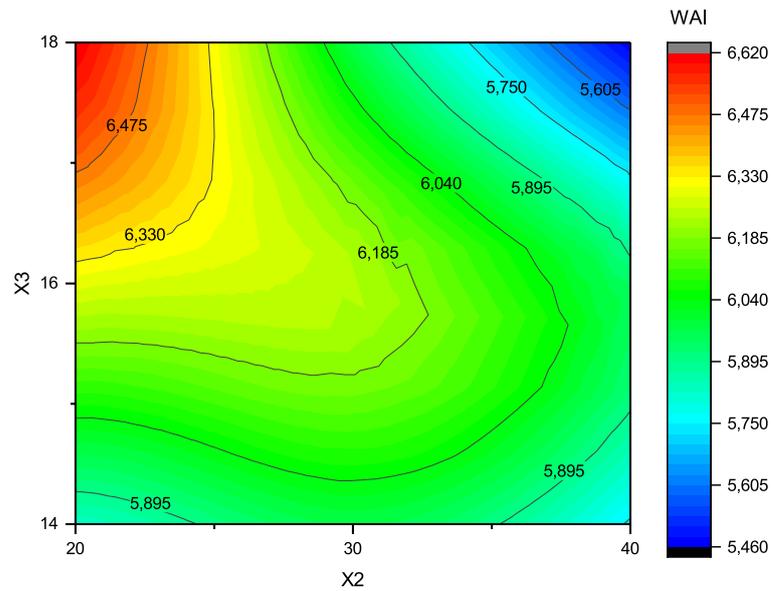


Рис. 1. Влияние переменных: содержание соевого остатка (X2, %) и влажность смеси (X3, %) на индекс водопоглощения (WAI) (г/г)

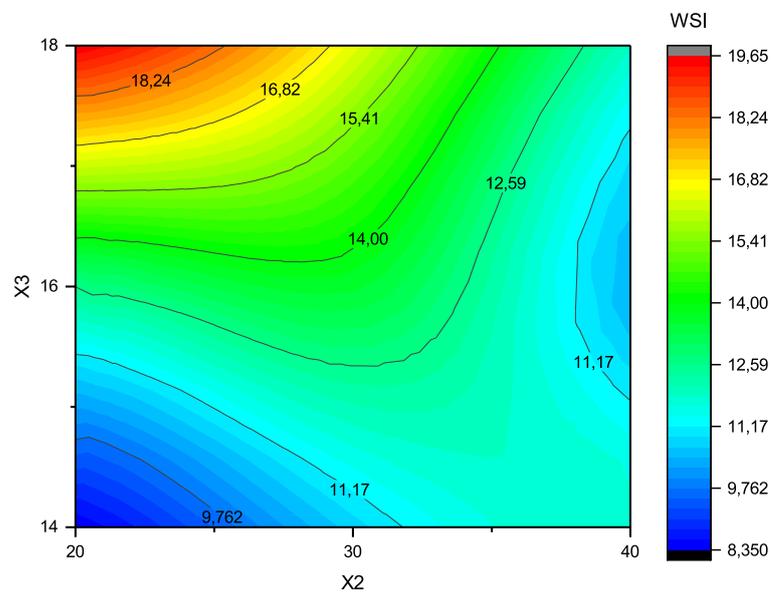


Рис. 2. Влияние переменных: содержание соевого остатка (X2, %) и влажность смеси (X3, %) на WSI (%) и (ε) твердость (N)

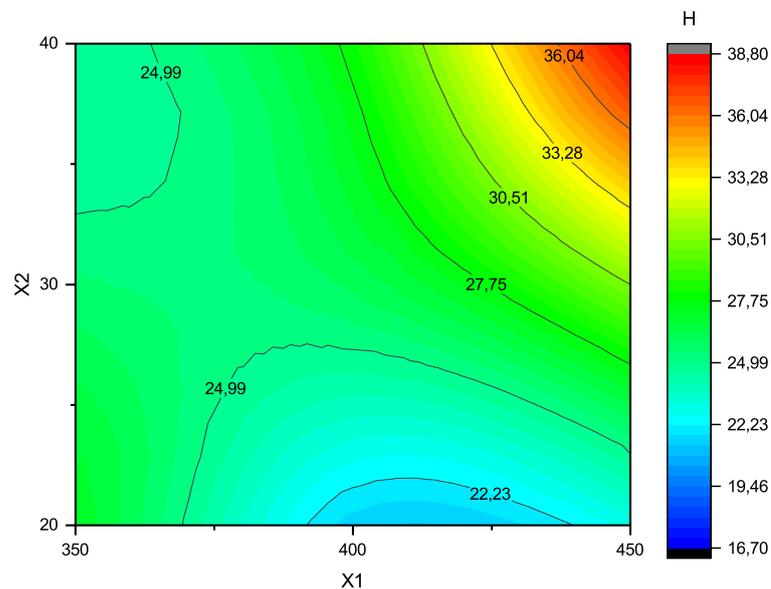


Рис. 3. Влияние переменных: скорость шнека (X1, об/мин), содержание соевого остатка (X2, %) на твердость (H, Ньютон)

plus. Испытания проводились с предстесовой скоростью: 1,0 мм/с; скорость испытания: 1,0 мм/с; скорость после испытания: 10,0 мм/с; расстояние: 12 мм.

Эксперимент был выполнен с использованием трехуровневого трехфакторного плана Бокса-Бенкена с помощью методологии поверхности отклика в программе Statistica. Три независимых переменных включали скорость шнека ( $X_1$ , об/мин), содержание соевого остатка ( $X_2$ , %) и влажность смеси ( $X_3$ , %).

Для создания модели поверхности отклика был выполнен регрессионный анализ. Полиномиальная модель второго порядка (уравнение 3) была исследована на предмет ее соответствия для описания поверхности отклика, и также была произведена качественная оценка модели.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} X_i X_j \quad (3)$$

где  $Y$  – WAI, WSI и Н;

$\beta_0$ ,  $\beta_{ii}$  и  $\beta_{ij}$  – постоянные коэффициенты;

$X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  – кодированные независимые переменные.

### Результаты и их обсуждение

Свежий остаток сои содержит 88 % влаги. После сушки при 60°C с помощью лотковой сушилки и измельчения, высушенный остаток сои состоит из 11,54% влаги и 22,43 % белка, тогда как кукурузная крупа состоит из 6,74 % влаги и 6,44 % белка. Содержание белка в экструдатах варьировалось от 9,61 до 12,82 %. Было оценено влияние трех различных уровней переменных экструзии на характеристики экструдата.

Индекс водопоглощения (WAI) и индекс водорастворимости (WSI) используются для оценки функциональных характеристик экструдированных продуктов. Индекс водопоглощения отражает способность крахмала поглощать воду и служит индикатором желатинизации крахмала [7]. Кроме того, улучшение индекса водопоглощения зависит от денатурации белка при высокой влажности смеси [8]. Индекс водопоглощения у экструдатов варьировался от 5,460 до 6,620 г/г. Линейный член содержания остатка сои  $X_2$  ( $p < 0,01$ ) и взаимодействие остатка сои и влажности смеси  $X_2$  и  $X_3$  ( $p = 0,04$ ) оказали отрицательное влияние на индекс водопоглощения (таблица 1). На рисунке 1 показано, что увеличение влажности смеси и уменьшение содержания соевого остатка дает самое высокое значение индекса водопоглощения. Результаты свидетельствуют о том, что при увеличении содержания соевого остатка снижались значения индекса водопоглощения. Это может быть связано с неповрежденными длинными полимерными цепями в желатинизированном образце [9]. Сокращение крахмала в смеси также

уменьшает желатинизированный крахмал, что приводит к меньшему удержанию воды и снижению индекса водопоглощения [7]. Результаты согласуются с работами [1, 5].

Индекс водорастворимости указывает на количество растворимых молекул, высвобождаемых из крахмала и деградацию молекулярных компонентов, а также связано с декстринизацией. Самое высокое значение индекса водорастворимости было 19,65 %, а самое низкое значение было 8,35 %. Линейный член  $X_3$  и член взаимодействия  $X_2$  и  $X_3$  ( $p = 0,02$ ) оказывает сильное влияние на значения индекса водорастворимости (таблица 1). Влияние линейных членов на значения индекса водорастворимости представлено на рисунке 2. Результат ясно показывает, что индекс водорастворимости увеличивается с увеличением влажности смеси. Напротив, в исследованиях сообщалось, что низкая влажность смеси вызывает увеличение значения индекса водорастворимости из-за увеличения количества разложившегося крахмала и других компонентов [1]. В другом исследовании индекс водорастворимости увеличился с уровнем влажности смеси, вероятно, из-за полной желатинизации крахмала и денатурации белка из нативных пищевых компонентов [8]. Кроме того, высокая влажность может также привести к правильной желатинизации крахмала, что приводит к увеличению индекса водорастворимости [6]. Кроме того, индекс водорастворимости имеет отрицательную корреляцию с индексом водопоглощения.

Твердость экструдатов варьировалась от 16,70 Н до 38,8 Н. Содержание соевого остатка ( $p < 0,02$ ) и эффект взаимодействия скорости шнека  $X_1$  и содержания соевого остатка  $X_2$  ( $p = 0,02$ ) положительно влияли на твердость (таблица 1). Рисунок 3 показывает, что самое высокое значение твердости было получено при 40 % содержании соевого остатка в смеси и скорости шнека 400 об/мин при заданной влажности смеси – 16 %. Это может объясняться тем, что наличие клеточной стенки в волокнах соевого остатка может привести к увеличению твердости экструдата. Кроме того, высокая белковая доля сырья также увеличивает твердость [2].

### Выводы

Изучение влияния переменных экструзии на показатель водопоглощения, индекс растворимости в воде и твердость экструдата из кукурузы, обогащенного остатком сои показало перспективность дальнейшего изучения данной темы. Содержание остатка сои оказало значительное влияние на индекс водопоглощения, индекс растворимости в воде и твердость, в то время как скорость шнека оказала значительное влияние на только лишь на твердость.

## Список литературы

- [1] Alam M. S., Pathania S., Sharma A. Optimization of the extrusion process for development of high fibre soybean-rice ready-to-eat snacks using carrot pomace and cauliflower trimmings // *LWT*. 2016. Т. 74. С. 135-144.
- [2] Azzollini D. et al. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018. Т. 45. С. 344-353.
- [3] Jangchud K. et al. Optimization of pumpkin and feed moisture content to produce healthy pumpkin-germinated brown rice extruded snacks // *Agriculture and Natural Resources*. 2018. Т. 52. №. 6. С. 550-556.
- [4] Jing Y., Chi Y. J. Effects of twin-screw extrusion on soluble dietary fibre and physicochemical properties of soybean residue // *Food chemistry*. 2013. Т. 138. №. 2-3. С. 884-889.
- [5] Jozinović A. et al. Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits // *Journal of Food Engineering*. 2016. Т. 172. С. 31-37.
- [6] Kumar, N, Sarkar, B.C, Sharma H.K. Development and characterization of extruded product of carrot pomace, rice flour and pulse powder // *Afr. J. Food Sci*. 2010. 4. P.703–17.
- [7] Maskan M., Altan A. *Advances in food extrusion technology*. CRC press, 2016.
- [8] Natabirwa H. et al. Optimization of Roba1 extrusion conditions and bean extrudate properties using response surface methodology and multi-response desirability function // *LWT*. 2018. Т. 96. С. 411-418.
- [9] Stojceska V. et al. The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology // *Journal of Cereal Science*. 2008. Т. 47. №. 3. С. 469-479.
- [10] Vong W. C., Liu S. Q. Biovalorisation of okara (soybean residue) for food and nutrition // *Trends in Food Science & Technology*. 2016. Т. 52. С. 139-147.
- [11] Курочкин А.А., Фролов Д.И. Применение компьютерных средств разработки программ для автоматизации расчета индекса расширения экструдата овса // Информационные технологии в экономических и технических задачах: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Пенза, 2016. С. 300–302.
- [12] Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Фролов Д.И. Получение экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья с заданной пористостью // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С. 109–114.
- [13] Научно-технологическое обоснование энергоэффективной технологии экструдирования сельскохозяйственного сырья / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы (24-25 мая 2016 г.): Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова. Саранск, 2016. С. 338–344.
- [14] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного суслу с использованием экструдированного ячменя / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Д.И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С. 103–109.
- [15] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // *Нива Поволжья*. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [16] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В.М. Зимняков, О.Н. Кухарев, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // *Нива Поволжья*. 2017. № 4 (45). С. 157–163.
- [17] Способ производства хлебобулочных изделий : пат. 2579488 Российская Федерация : МПК А 21 D 8/02 / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, Н.Н. Шматкова ; 2014146596/13 ; заявл. 19.11.2014 ; опубл. 10.4.2016, Бюл. №10. 8 с.
- [18] Способ производства хлебобулочных изделий : пат. 2592619 Российская Федерация : МПК А 21 D 8/02 / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, Н.Н. Шматкова ; 2015109402/13 ; заявл. 17.3.2015 ; опубл. 27.7.2016, Бюл. №21. 8 с.
- [19] Теоретическое обоснование термовакуумного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 3. С. 15–20.
- [20] Фролов Д.И., Курочкин А.А. Информатизация процесса экструдирования овса с помощью программы расчета индекса расширения экструдата // *Пищевые инновации и биотехнологии: Материалы IV Международной научной конференции / под общ. ред. М.П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»*. Кемерово, 2016. С. 253–255.
- [21] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // *Техника и технология пищевых производств*. 2016. № 3 (42). С. 104–111.

- [22] Экструдер с вакуумной камерой : пат. 192684 Российская Федерация : МПК В29С 48/00 / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, Д.И. Фролов, А.А. Блинохватов, М.А. Потапов ; 2019118768 ; заявл. 17.6.2019 ; опубл. 26.9.2019, Бюл. №27. 7 с.

## References

- [1] Alam M. S., Pathania S., Sharma A. Optimization of the extrusion process for development of high fiber soybean-rice ready-to-eat snacks using carrot pomace and cauliflower trimmings // *LWT*. 2016.V. 74.P. 135-144.
- [2] Azzollini D. et al. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018.V. 45.P. 344-353.
- [3] Jangchud K. et al. Optimization of pumpkin and feed moisture content to produce healthy pumpkin-germinated brown rice extruded snacks // *Agriculture and Natural Resources*. 2018.V. 52. No. 6.P. 550-556.
- [4] Jing Y., Chi Y. J. Effects of twin-screw extrusion on soluble dietary fiber and physicochemical properties of soybean residue // *Food chemistry*. 2013.V. 138. No. 2-3. Pp. 884-889.
- [5] Jozinović A. et al. Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits // *Journal of Food Engineering*. 2016.Vol. 172.P. 31-37.
- [6] Kumar, N, Sarkar, B.C., Sharma H.K. Development and characterization of extruded product of carrot pomace, rice flour and pulse powder // *Afr. J. Food Sci*. 2010. 4. P.703-17.
- [7] Maskan M., Altan A. *Advances in food extrusion technology*. CRC press, 2016.
- [8] Natabirwa H. et al. Optimization of Roba1 extrusion conditions and bean extrudate properties using response surface methodology and multi-response desirability function // *LWT*. 2018.Vol. 96.Pp. 411-418.
- [9] Stojceska V. et al. The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology // *Journal of Cereal Science*. 2008.V. 47. No. 3, pp. 469-479.
- [10] Vong W. C., Liu S. Q. Biovalorization of okara (soybean residue) for food and nutrition // *Trends in Food Science & Technology*. 2016.V. 52.Pp. 139-147.
- [11] Kurochkin A.A., Frolov D.I. The use of computer-aided software development tools for automating the calculation of the oat extrudate expansion index // *Information Technologies in Economic and Technical Problems: Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference*. Penza, 2016. Pp. 300-302.
- [12] Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Frolov D.I. Obtaining extrudates of starch-containing grain raw materials with a given porosity // *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2014. No. 6 (22). Pp. 109–114.
- [13] Scientific and technological substantiation of energy-efficient technology for the extrusion of agricultural raw materials / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // *Energy-efficient and resource-saving technologies and systems (May 24–25, 2016): Collection of scientific papers of the international scientific and practical conference dedicated to the memory of Doctor of Technical Sciences, Professor F. Kh. Burumkulov*. Saransk, 2016.Pp. 338–344.
- [14] Optimization of the composition of grain products in the production of beer wort using extruded barley / G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, D.I. Frolov // *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2014. No. 6 (22). Pp. 103–109.
- [15] Improving the efficiency of dehydration of the extrudate in the vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // *Niva Volga*. 2019.No 2 (51). Pp. 134–143.
- [16] Rational technological parameters in the production of a multicomponent composite based on flax seeds / V.M. Zimnyakov, O.N. Kukharev, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // *Niva Volga*. 2017. No. 4 (45). S. 157–163.
- [17] Method for the production of bakery products: US Pat. 2579488 Russian Federation: IPC A 21 D 8/02 / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkov; 2014146596/13; declared 11/19/2014; publ. 04/10/2016, Bull. No. 10. 8 p.
- [18] Method for the production of bakery products: US Pat. 2592619 Russian Federation: IPC A 21 D 8/02 / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkov; 2015109402/13; declared 3/3/2015; publ. 7/27/2016, Bull. No. 21. 8 p.
- [19] Theoretical substantiation of thermal vacuum effect in the working process of a modernized extruder / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // *Bulletin of the Samara State Agricultural Academy*. 2015. No 3. Pp. 15–20.
- [20] Frolov D.I., Kurochkin A.A. Informatization of the process of extrusion of oats using a program for calculating the extrudate expansion index // *Food Innovation and Biotechnology: Materials of the IV International Scientific Conference / ed. ed. M.P. Kirsanova; FSBEI of HE «Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University)» Kemerovo, 2016.Pp. 253–255.*

- [21] Extrudates from plant materials with a high content of lipids and dietary fiber / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Technique and technology of food production. 2016. No. 3 (42). PP. 104–111.
- [22] Extruder with a vacuum chamber: US Pat. 192684 Russian Federation: IPC B29C 48/00 / A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, D.I. Frolov, A.A. Blinohvatov, M.A. Potapov; 2019118768; declared 6/17/2019; publ. September 26, 2019, Bull. Number 27. 7 p.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>
<p><b>Чушкина Анастасия Владимировна</b> магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> <b>E-mail:</b> nastena.glukhova.96@mail.ru</p>	<p><b>Chushkina Anastasia Vladimirovna</b> undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> <b>E-mail:</b> nastena.glukhova.96@mail.ru</p>

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 66.061.34

### Исследование и выбор рациональных режимных параметров экстрагирования иссопа сорта «Лекарственный»

*Родионов Ю.В., Самохвалов Д.С., Скоморохова А.И., Зорина О.А.*

**Аннотация.** В статье рассматривается растение иссоп сорта «Лекарственный», произрастающего в г. Мичуринске на базе НФЦ «Мичурина». Исходя из его химического состава, представлены области его возможного применения. На основании проведенных исследований сделаны выводы и показаны результаты кинетики экстрагирования данного растения. Образцы исходного сырья нарезали в виде сложной соломки (елочки) длиной  $20 \pm 5$  мм и высушивали конвективным способом до остаточной влажности 8 %. Сравнительный анализ двух способов экстрагирования и гидромодулей 1:50 и 1:100 позволил установить особенности каждого режима. На основе полученных результатов выявлено влияние вакуума на интенсификацию процесса экстрагирования и определен рациональный гидромодуль водного экстрагирования иссопа «Лекарственный». Установлены наиболее подходящие параметры экстрагирования иссопа, позволяющие сократить время процесса на 15 мин, минимизировать энергозатраты на 20 % и увеличить концентрацию сухих водорастворимых веществ на 25 %. Кроме того, для увеличения срока хранения предложено использование водно-спиртового экстрагирования с содержанием этилового спирта в количестве 10 %. По результатам исследований сделаны выводы.

**Ключевые слова:** водное, водно-спиртовое экстрагирование, тепломассообменные процессы, вакуум, иссоп «Лекарственный».

**Для цитирования:** Родионов Ю.В., Самохвалов Д.С., Скоморохова А.И., Зорина О.А. Исследование и выбор рациональных режимных параметров экстрагирования иссопа сорта «Лекарственный» // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 36–41.

### Research and selection of rational mode extraction of hyssop grade «Medicinal»

*Rodionov Yu.V., Samokhvalov D.S., Skomorokhova A.I., Zorina O.A.*

**Abstract.** The article discusses the hyssop plant «Medicinal», growing in Michurinsk on the basis of the NFC «Michurina». Based on its chemical composition, the areas of its possible application are presented. Based on the studies, conclusions are drawn and the results of the extraction kinetics of this plant are shown. Samples of the feedstock were cut in the form of a complex straw (herringbone)  $20 \pm 5$  mm long and dried by convection to a residual moisture content of 8 %. A comparative analysis of two extraction methods and hydromodules 1:50 and 1:100 made it possible to establish the features of each mode. Based on the results obtained, the influence of vacuum on the intensification of the extraction process was identified and a rational hydromodule for water extraction of hyssop “Medicinal” was determined. The most suitable parameters for the extraction of hyssop have been established, allowing to reduce the process time by 15 minutes, minimize energy consumption by 20 % and increase the concentration of dry water-soluble substances by 25 %. In addition, to increase the shelf life, it is proposed to use water-alcohol extraction with an ethyl alcohol content of 10%. Based on the results of the research, conclusions are drawn.

**Keywords:** water, water-alcohol extraction, heat and mass transfer processes, vacuum, hyssop «Medicinal».

**For citation:** Rodionov Yu.V., Samokhvalov D.S., Skomorokhova, A.I. Zorina O.A. Research and selection of rational mode extraction of hyssop grade «Medicinal». Innovative Machinery and Technology. 2020. No.1 (22). pp. 36–41. (In Russ.).

## Введение

Иссоп является специей, которую используют также и в медицине. Его выращивают в качестве медоноса (рис. 1) и ландшафтного дизайна. Химический состав иссопа [1, 2] показывает лечебные свойства и способность поддержания иммунитета.

Важными элементами химического состава иссопа являются: изопинокамфон, который составляет до 57% от состава эфирного масла иссопа. Он является натуральным ароматизатором. Карвакрол — фенол, натуральный антибиотик. Это позволяет применять иссоп в производстве мыла, стирального порошка, медицинских бинтов и спреев с карвакролом. Гесперидин — ангиопротектор, оказывает вено tonизирующее действие. Диосмин — биофлавоноид, снижает венозный застой, уменьшает растяжимость вен. Кроме того, аскорбиновая кислота, гликозиды, урсоловая кислота. Данные вещества помогают при мышечной атрофии, снижают количества холестерина и триглицерида, являются противовоспалительными, противоопухолевыми и антимикробными веществами.



Рис. 1. Иссоп сорта «Лекарственный»



Рис. 2. Высушенный иссоп сорта «Лекарственный»

Как видно, в составе растения находятся вещества с мощными фармакологическими действиями различной природы. Их большим количеством характеризуется широкий перечень терапевтических свойств иссопа «Лекарственного».

Водные вытяжки данного растения применяются наружно. Лечение слизистой оболочки полости рта проводится регулярными полосканиями водным экстрактом иссопа. Также свойства его водного экстракта учувствуют в устранении ангины, стоматита, гингивита, пародонтоза, флюса, помогают избавиться от неприятного запаха изо рта, охриплости и восстановить утраченный голос.

Из листьев вырабатывают экстракт, пользующийся большим спросом в парфюмерной промышленности. Сильный и стойкий аромат этого растения привлекает внимание парфюмеров. Он используется в производстве духов, туалетной воды, эликсиров, кремов, зубных полосканий, шампуней и бальзамов.

Экстрагирование является важным направлением развития переработки растительной продукции Тамбовской области и путем развития народного хозяйства [3, 4].

Концентрат водного экстракта получают экстракцией иссопа сорта «Лекарственный» (*Salvia sclarea* L.). Он содержит все ценные компоненты рассматриваемого растения, перечисленные ранее. Экстракт легко растворим в воде, переносит длительное хранение (до трех лет) при температуре 5-25 °С, не теряя своих свойств. Для более длительного хранения целесообразно применение водно-спиртового экстрагента. В настоящее время выращивание иссопа «Лекарственного» происходит в г. Мичуринске на базе НФЦ «Мичурина», что позволяет расширить состав растительного сырья функционального лечебного свойства.

Целью работы являлось определение параметров водного и водно-спиртового экстрагирования иссопа сорта «Лекарственный».

## Объекты и методы исследований

Объектом исследования является иссоп «Лекарственный». Образцы исходного сырья нарезают в виде сложной соломки (елочки) длиной 20±5 мм и высушивали конвективным способом до остаточной влажности 8 %.

Для исследования изучена теория тепломассопереноса, экстрагирования по литературным источ-

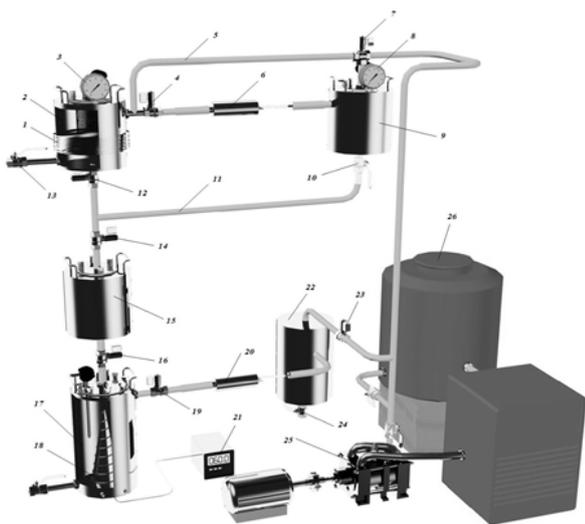


Рис. 3. Комбинированная экспериментальная вакуумная экстракционная установка

1 – нагреватель; 2 – вакуумный экстрактор; 3, 8 – вакуумметр; 4, 7, 10, 12, 13, 14, 16, 19, 23, 24 – клапаны; 5, 11 – трубопровод; 6, 20 – дистиллятор; 9, 22 – емкость сбора дистиллята; 15 – емкость подачи экстракта на выпаривание; 17 – установка-выпариватель; 18 – конусный нагреватель; 21 – ПИД-регулятор; 25 – жидкостнокольцевой вакуумный насос; 26 – конденсатор

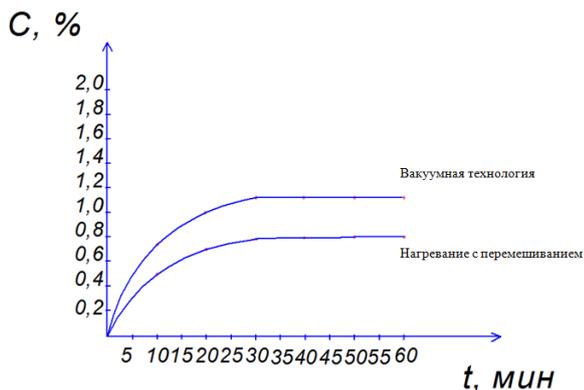


Рис. 4. Зависимость растворения сухих веществ в воде от технологии экстрагирования иссопа при гидромодуле 1:100

никам [5, 6, 7] для правильного проведения экспериментальных исследований и постановки опытов.

Эксперименты проводили на лабораторных и экспериментальных установках. Использованное сырьё: экстрагент (дистиллированная вода по ГОСТу 6709-72), сухой иссоп сорта «Лекарственный» (рис. 2) по объёму 1:100, 1:50.

Эксперименты проводили по следующей последовательности. Первый опыт. В стеклянную емкость помещали высушенный иссоп и заливали экстрагентом, предварительно подогретым до температуры 52 °С. В течение всего эксперимента велось постоянное перемешивание с помощью магнитной мешалки ММ6, температура поддерживалась на уровне 54-56 °С.

Второй опыт. В экстрактор комбинированной экстракционно-выпарной установки (рис. 3) помещали высушенный иссоп, заливали экстрагентом, предварительно подогретым до температуры 50 °С

и подвергали воздействию вакуума. В течение всего эксперимента поддерживалось давление 15-17 кПа, температура на уровне 54-56 °С.

Пробы отбираются периодически для определения содержания сухих водных растворимых веществ рефрактометрическим способом. Эксперимент осуществлялся на лабораторном рефрактометре ИРФ-454 Б2М. Для получения данных более достоверных на каждом этапе проводилась серия из трех опытов. Значения, имеющие значительные отклонения от средних, не учитывались.

Комбинированная экстракционная вакуумная установка включает несколько емкостей, первая из них применяется для подогревания загружаемого растительного сырья и экстрагента 2. Емкость 17, с расположенным конусным нагревательным элементом 18, соединяется с первой емкостью через вакуумные отсечные клапаны 12, 14, 16 и производит процесс выпаривания. К емкостям подведены трубопроводы 5, 11 для отвода пара через дистиллятор 6 с дальнейшим сбором конденсата в ёмкости 9, 22 [8]. Вакуум в комбинированной установке создается жидкостнокольцевой вакуумный насос (ЖВН) [9].

Установка может работать на различных режимах и этапах процесса экстрагирования: создание сухих импульсов (воздействие на сухое сырьё) – раскрытие пор (этап дегазации); набухание (настаивание) – вытеснение экстрагентом воздуха из клеток растительного материала; собственно экстрагирование – извлечение одного или нескольких компонентов из твёрдых тел растительного материала с помощью избирательных растворителей (экстрагентов); нагрев и вакуумное испарение внутри пор; малая циркуляция раствора – подача сконденсированного пара в виде жидкости обратно в экстрактор; полная циркуляция – перекачка рабочего раствора из экстрактора в ёмкость сбора конденсата и обратно; просушка (подсушка) сырья [10].

## Результаты и их обсуждение

На рисунке 4 показаны результаты экстрагирования иссопа одного гидромодуля на разных установках. Анализ этих данных извлечения сухих растворимых в воде веществ говорит о том, что вакуумная технология превосходит нагревание с перемешиванием при одинаковом времени выдержки на 25 % (с концентрацией 1,1 и 0,8 % соответственно). Комбинированной установке хватает 15 мин, чтобы дойти до уровня другого аппарата.

Из графиков видно, что применение вакуума не только ускоряет процесс, но и увеличивает количество сухих растворимых веществ в экстракте.

Также были проведены эксперименты с разными гидромодулями. Анализ экспериментальных данных показывает, что наиболее рациональный гидромодуль – 1:100 (сопротивление процесса при данном гидромодуле меньше). За полный цикл экстрагирования при гидромодуле 1:50 иссоп не отда-



Рис. 5. Экстракционная установка с магнитной мешалкой

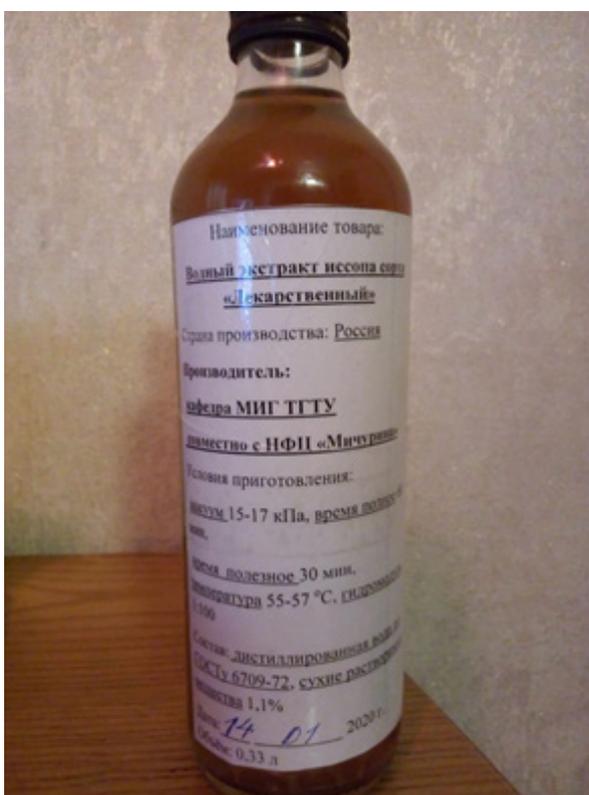


Рис. 6. Водный экстракт иссопа сорта «Лекарственный»

ет все сухие растворимые в воде вещества. А при гидромодуле 1:100 большинство всех растворимых веществ переходит экстрагент.

Из экспериментальных исследований получили, что существует прямая зависимость времени экстрагирования от гидромодуля. Увеличение массы сырья в 2 раза (гидромодули 1:100 и 1:50) приво-

дит к увеличению времени экстрагирования на 15 мин.

Использование вакуума при проведении экстракции позволило интенсифицировать процесс по сравнению с другими рассматриваемыми способами [11]. Вакуумное в сравнении с процессом, включающим подогревание до 55 °С и перемешивание экстрагента при гидромодулях 1:50 и 1:100 протекает на 15 мин быстрее.

Интенсификации процесса вакуумного экстрагирования в большей степени способствует кипение, которое протекает при температуре 54-56 °С. Небольшая температура кипения не оказывает отрицательного воздействия, полезные и биологически активные вещества и витамины сохраняются. Полученный экстракт иссопа сорта «Лекарственный» с гидромодулем 1:100 с рациональным вакуумным режимом представлен на рисунке 6. Также проведено водно-спиртовое вакуумное экстрагирование с содержанием спирта 10 % для увеличения срока хранения до 4 лет. Проведена закладка для натурального испытания.

В перспективе рассмотрим исследования зависимости извлечения сухих водорастворимых веществ от количества вакуумных импульсов сухого иссопа, степени нарезки, а также сушки до другого уровня влажности и нарезки другими размерами.

### Выводы

1. Описан химический состав иссопа «Лекарственного» и основные направления его использования.

2. В результате экспериментальных исследований определено преимущество вакуумной экстракции по сравнению с перемешиванием при помощи магнитной мешалки. Концентрация сухих водорастворимых веществ при использовании вакуума выше на 25 % и составляет 1,1 %.

3. В результате проведенных исследований установлены рациональные параметры процесса экстрагирования иссопа сорта «Лекарственный»: вакуумное экстрагирование при соотношении сырьё-экстрагент (гидромодуль) 1:100, температура экстрагирования 54-56°С, продолжительность 30 мин. Проведение процесса экстрагирования при таких условиях позволяет получить максимальный выход сухих водорастворимых веществ.

4. В перспективе предлагается дальнейшее исследование экстрагирования иссопа, а также других лекарственных трав.

### Список литературы

- [1] Дудченко Л. Г., Козьяков А. С., Кривенко В. В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: Справочник / Отв. ред. К. М. Сытник. К.: Наукова думка, 1989. 304 с.
- [2] Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН проф. В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

- [3] Кузьменко С.Л., Родионов Ю.В., Капустин В.П., Никитин Д.В. Технология получения и перспективы использования концентрата из кипрея узколистного в производстве напитков // Наука в центральной России. 2017. № 5 (29). С. 92-100.
- [4] Родионов Ю.В., Данилин С.И., Митрохин М.А., Утешев М.В., Мочалин Н.Н., Иванова И.В. Влияние порошка пастернака на качественные показатели лапши и макаронных изделий. // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 1 (15). С. 56-61.
- [5] Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: «Энергия», 1968. С. 472.
- [6] Аксельруд Г.А. Экстрагирование (система твердое тело — жидкость) / Г.А. Аксельруд, В.М. Лысянский. Л.: «Химия», 1974. С. 472.
- [7] Рудобашта С.П., Казуб В.Т., Кошкарлова А.Г. Исследование кинетики экстрагирования сырья под воздействием импульсного поля высокой напряженности // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2016. № 5 (75). С. 49-55.
- [8] Гуськов, А. А., Родионов, Ю. В., Капустин, В. П., Никитин, Д. В., Анохин, С. А., Коновалов, В. В. Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья // Наука в центральной России. 2017. № 2 (26). С. 32-41.
- [9] Пат. 2551449 Российская Федерация, МПК F04C7/00, F04C19/00. Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина / Гуськов А. А., Никитин Д. В., Платицин П. С., Родионов Ю. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Тамб. ГТУ». – № 2014127083/06; заявл. 02.07.2014; опубл. 27.05.2015, Бюл. № 15. 6 с.: 2 ил.
- [10] Гуськов А.А. Обоснование выбора жидкостно-кольцевого вакуумного насоса для экстракционно-выпарной установки при обработке растительных материалов / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, С. А. Анохин, В. П. Капустин, Д. В. Никитин, Ю. Т. Селиванов // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 1 (33). С. 124-130.
- [11] Гуськов А.А. Совершенствование технологии и технических средств экстрагирования растворимых веществ из растительного сырья: Автореф. дисс. канд. техн. наук. Мичуринск, 2019. 16 с.

## References

- [1] Dudchenko L. G., Koz'jakov A. S., Krivenko V. V. Prjano-aromaticheskie i prjano-vkusovye rastenija: Spravochnik / Otv. red. K. M. Sytnik. K.: Naukova dumka, 1989. 304 p.
- [2] Himicheskij sostav rossijskih pishhevych produktov: Spravochnik / Pod red. chlen-korr. MAI, prof. I.M. Skurihina i akademika RAMN prof. V.A. Tutel'jana. M.: DeLi print, 2002. 236 p.
- [3] Kuz'menko S.L., Rodionov Ju.V., Kapustin V.P., Nikitin D.V. Tehnologija poluchenija i perspektivy ispol'zovanija koncentrata iz kipreja uzkolistnogo v proizvodstve napitkov // Nauka v central'noj Rossii. 2017. No 5 (29). Pp. 92-100.
- [4] Rodionov Ju.V., Danilin S.I., Mitrohin M.A., Uteshev M.V., Mochalin N.N., Ivanova I.V. Vlijanie poroshka pasternaka na kachestvennyye pokazateli lapshi i makaronnyh izdelij. // Tehnologii pishhevoj i pererabatyvajushhej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2017. No 1 (15). Pp. 56-61.
- [5] Lykov A.V. Teorija sushki / A.V. Lykov. M.: «Jenergija», 1968. P. 472.
- [6] Aksel'rud G.A. Jekstragirovanie (sistema tverdoe telo — zhidkost') / G.A. Aksel'rud, V.M. Lysjanskij. L.: «Himija», 1974. P. 472.
- [7] Rudobashta S.P., Kazub V.T., Koshkarova A.G. Issledovanie kinetiki jekstragirovanija syr'ja pod vozdejstviem impul'snogo polja vysokoj naprjazhennosti // Vestnik FGOU VPO Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Gorjachkina. 2016. No 5 (75). Pp. 49-55.
- [8] Gus'kov, A. A., Rodionov, Ju. V., Kapustin, V. P., Nikitin, D. V., Anohin, S. A., Konovalov, V. V. Universal'naja jekstraktno-vyparnaja ustanovka rastitel'nogo syr'ja // Nauka v central'noj Rossii. 2017. No 2 (26). Pp. 32-41.
- [9] Pat. 2551449 Rossijskaja Federacija, MPK F04C7/00, F04C19/00. Dvuhstupenchataja zhidkostno-kol'cevaja mashina / Gus'kov A. A., Nikitin D. V., Platicin P. S., Rodionov Ju. V.; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO «Tamb. GTU». No 2014127083/06; zajavl. 02.07.2014; opubl. 27.05.2015, Bjul. No 15. 6 p.: 2 il.
- [10] Gus'kov A.A. Obosnovanie vybora zhidkostno-kol'cevogo vakuumnogo nasosa dlja jekstrakcionno-vyparnoj ustanovki pri obrabotke rastitel'nyh materialov / A. A. Gus'kov, Ju. V. Rodionov, S. A. Anohin, V. P. Kapustin, D. V. Nikitin, Ju. T. Selivanov // Problemy razvitija APK regiona. 2018. No 1 (33). Pp. 124-130.
- [11] Gus'kov A.A. Sovershenstvovanie tehnologii i tehniceskikh sredstv jekstragirovanija rastvorimyh veshhestv iz rastitel'nogo syr'ja: Aftoref. diss. kand. tehn. nauk. Michurinsk, 2019. 16 p.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Родионов Юрий Викторович</b>  доктор технических наук  профессор кафедры «Механика и инженерная графика»  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(920) 478-04-91  <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p><b>Rodionov Yuri Viktorovich</b>  D.Sc. in Technical Sciences  professor at the department of «Mechanics and engineering graphics»  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(920) 478-04-91  <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p><b>Самохвалов Дмитрий Сергеевич</b>  студент кафедры «Механика и инженерная графика»  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(953) 713-14-08  <b>E-mail:</b> sam_dima2000@inbox.ru</p>	<p><b>Samokhvalov Dmitry Sergeevich</b>  student of the department «Mechanics and engineering graphics»  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(953) 713-14-08  <b>E-mail:</b> sam_dima2000@inbox.ru</p>
<p><b>Скоморохова Анастасия Игоревна</b>  студент кафедры «Механика и инженерная графика»  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> nasta373@mail.ru</p>	<p><b>Skomorokhova Anastasia Igorevna</b>  student of the department «Mechanics and engineering graphics»  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> nasta373@mail.ru</p>
<p><b>Зорина Ольга Александровна</b>  студент кафедры «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(95) 371-66-09  <b>E-mail:</b> zorina.olya90@gmail.com</p>	<p><b>Zorina Olga Alexandrovna</b>  student of the department «Operation of transport-technological machines and complexes»  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(95) 371-66-09  <b>E-mail:</b> zorina.olya90@gmail.com</p>

## Отработка режимов двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки дайкона сорта «Хару»

*Самохвалов Д.С., Родионов Ю.В., Билан Н.В., Скоморохова А.И.*

**Аннотация.** В статье дана характеристика дайкона сорта «Хару», произрастающего в Тамбовской области. Проанализированы свойства данного овоща, сделан качественный анализ. Определена область его применения. Так благодаря химическому составу данный сорт широко применяется в пищевой промышленности и медицине. Проведено экспериментальное исследование двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки при щадящих режимах. Получено влагосодержание конца первого периода данного овоща, которое составило 77 %. Определены преимущества нарезки 3 мм, по сравнению 5 мм, позволяющее уменьшить время сушки на 50 %. Установлен наиболее рациональный процесс двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки, как для длительного хранения, так и для производства пищевых и лекарственных веществ. Установленные щадящие рациональные режимы данной сушки, составляют: в первом периоде температура теплоносителя 56 °С, скорость теплоносителя 1,5 м/с; во втором периоде температура теплоносителя 55 °С, скорость теплоносителя 2,5 м/с при влажности воздуха в помещении до 60 %. Также определена область применения порошка дайкона сорта «Хару» для продуктов функционального питания.

**Ключевые слова:** дайкон сорта «Хару», пищевая и энергетическая ценность, питание, лечебные свойства, двухступенчатая конвективная вакуумно-импульсная сушка, влагосодержание.

**Для цитирования:** Самохвалов Д.С., Родионов Ю.В., Билан Н.В., Скоморохова А.И. Отработка режимов двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки дайкона сорта «Хару» // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 42–48.

## Processing the modes of the two-stage convective vacuum-pulse drying of daikon grade «Haru»

*Samokhvalov D.S., Rodionov Yu.V., Bilan N.V., Skomorokhova A.I.*

**Abstract.** The article gives a characteristic of the «Haru» daikon growing in the Tambov region. The properties of this vegetable are analyzed, a qualitative analysis is made. The scope of its application is determined. So due to the chemical composition of this variety is widely used in medicine. An experimental study of two-stage convective vacuum-pulse drying under gentle conditions was carried out. The moisture content of the end of the first period of this vegetable was obtained, which amounted to 77 %. The advantages of 3 mm slicing, compared to 5 mm, are determined, which allows reducing drying time by 50 %. The most rational process of two-stage convective vacuum-pulse drying has been established, both for long-term storage and for the production of food and medicinal substances. The established gentle rational modes of this drying are: in the first period, the temperature of the coolant is 56 °C, the speed of the coolant is 1.5 m/s; in the second period, the coolant temperature is 55 °C, the coolant speed is 2.5 m/s with indoor air humidity up to 60 %. The scope of «Haru» daikon powder for functional foods is also identified.

**Keywords:** daikon «Haru», food and energy value, nutrition, therapeutic properties, two-stage convective vacuum-pulse drying, convective drying, moisture content.

**For citation:** Samokhvalov D.S., Rodionov Yu.V., Bilan N.V., Skomorokhova A.I. Processing the modes of the two-stage convective vacuum-pulse drying of daikon grade «Haru». Innovative Machinery and Technology. 2020. No.1 (22). pp. 42–48. (In Russ.).

## Введение

Как известно, овощи являются неотъемлемой частью рациона человека. Они крайне полезны благодаря их химическому составу, который включает в себя биологически активные компоненты, аминокислоты, огромное количество витаминов и минеральных веществ, пищевые волокна. Немаловажным является то, что в овощах перечисленные выше вещества представлены в легкой для усвоения организмом человека форме. Помимо пищевой ценности овощи обладают лечебными и лечебно-профилактическими свойствами, что делает их незаменимыми при лечении самых разнообразных заболеваний и общего укрепления организма. Дайкон является ярким представителем семейства овощей и обладает большим разнообразием полезных компонентов [1].

Овощи представляют собой богатейший источник биологически активных веществ и природных антиоксидантов, таких как ферменты, бета-каротин, аскорбиновая кислота. В состав овощей входят аминокислоты, являющиеся строительным материалом белка. Их наличие особенно важно для людей, выполняющих физические нагрузки, ведь организм самостоятельно может синтезировать лишь часть необходимых аминокислот, некоторые виды поступают исключительно с пищей. Овощи содержат и другие важные для организма нутриенты, в том числе, иммуномодуляторы, а так же минеральные вещества, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность (магний, фтор, фосфор, йод, кальций, калий). Природные антиоксиданты нейтрализуют свободные радикалы, тяжелые металлы и радионуклиды в организме человека, способствуют их выведению. Это показывает важность овощной продукции и поэтому она занимает важное место в продовольствии нашей страны. Употребление полезной пищи связано со здоровьем, работоспособностью и продолжительностью жизни. Овощная продукция позволяет сбалансировать ежедневный рацион человека, сохраняет кислотно-щелочной баланс в организме.

В настоящее время в России достаточно многие слои населения интересуются новыми овощными культурами, которые являются не только ценными пищевыми продуктами, но и имеют лечебно-профилактическое значение. Поэтому продукты функционального питания с добавлением овощей пользуются большим спросом [2]. Одной из таких культур, пользующейся широкой популярностью на



Рис. 1. Очищенный дайкон сорта «Хару»

Востоке, особенно в Японии, является аналог европейской редьки и редисов корнеплод дайкона [3].

Особенность дайкона заключается в том, что при относительно малом вегетационном периоде он дает большой урожай корнеплодов с высокими вкусовыми качествами. Растение является двухлетним. В первый год жизни образуется корнеплод, а на второй – семена и цветоносный побег. Одно из главных достоинств дайкона – отсутствие острого вкуса редьки, высокое содержание солей калия, солей кальция, необходимых для организма человека, витамина С и других биологически активных веществ. Помимо этого в пищу используется не только сам корнеплод, но и его листья, а также молодые проростки.

Урожайность корнеплода может достигать 100 т/га, а вегетационный период достаточно короткий и составляет в среднем 60-70 дней. Высаживать дайкон следует в два срока посева: весенний (максимально ранний, т.к. проростки хорошо переносят кратковременные пониженные температуры) или осенний (начало августа). При этом корнеплод достаточно теплолюбивый, поэтому почва должна быть прогретой, а температура воздуха не ниже +10 °С. Сложности возделывания этой ценной культуры определяются трудным получением производства семян из-за низкого сохранения маточных корнеплодов. Наиболее распространенным сортом дайкона, растущего в ЦЧР является сорт «Хару» [4], который в очищенном виде представлен на рисунке 1.

Химический состав дайкона богат витаминами, необходимыми для поддержания жизнедеятельности организма. Данный корнеплод рекомендуется употреблять в пищу людям, страдающим сердечно-сосудистыми заболеваниями, слабым иммунитетом, проблемами с холестерином, депрессией и пониженным гемоглобином. Витамины, макро- и микроэлементы, содержащиеся в дайконе, отражены в таблице 1 [5].

Полезные свойства дайкона определяются входящими в его состав витаминами. Так, например, витамин РР регулирует обмен липидов, снижает уровень холестерина в крови, витамин В1 нормализует работу нервной системы, участвует в обмене углеводов, улучшает перистальтику кишечника, витамин В2 улучшает обмен веществ, защищает слизистые оболочки, участвует в образовании эритроцитов, укрепляет нервную систему. Благодаря наличию витамина С, употребление корнеплода в пищу способствует укреплению иммунной системы, защищает организм от бактерий и вирусов, оказывает влияние на синтез гормонов, регулирует процессы кроветворения, участвует в синтезе коллагена. Пантотеновая кислота принимает участие в окислении углеводов и жирных кислот, улучшает состояние кожных покровов, а пиридоксин помогает бороться с депрессией, участвует в синтезе гемоглобина и способствует усвоению белков.

Помимо витаминов, дайкон богат различными макро- и микроэлементами, которые не ме-

Таблица 1 – Химический состав дайкона сорта «Хару»

Пищевое вещество	Содержание на 100 г съедобной части
<b>Витамины</b>	
Витамин А	0,01 мг
Тиамин (витамин В1)	0,8 мг
Рибофлавин (витамин В2)	0,2 мг
Пантотеновая кислота (витамин В5)	2,2 мг
Пиридоксин (витамин В6)	0,3 мг
Фолаты (витамин В9)	0,018 мг
Аскорбиновая кислота (витамин С)	30 мг
Альфа токоферол (витамин Е)	2,1 мг
Биотин (витамин Н)	0,019 мг
<b>Макроэлементы</b>	
Калий	280 мг
Кальций	27 мг
Магний	9 мг
Натрий	16 мг
Сера	5 мг
Фосфор	28 мг
Хлор	7 мг
<b>Микроэлементы</b>	
Железо	0,84 мг
Йод	0,0021 мг
Марганец	0,75 мг
Медь	0,01 мг
Селен	0,0008 мг
Цинк	0,18 мг

нее важны для поддержания хорошего здоровья и предупреждения различных заболеваний. Высокое содержание калия обуславливает способность нормализовать работу сердечно-сосудистой системы, выводить шлаки и токсины. Кальций формирует и укрепляет костную и зубную ткани, регулирует возбудимость нервной системы, делает мышцы упругими, участвует в свертывании крови. Наличие магния позволяет регулировать обмен белков и углеводов, снижает уровень холестерина в крови, снимает спазмы. Железо входит в состав гемоглобина, участвует в кроветворении, нормализует работу мышц, укрепляет нервную систему, борется с усталостью и слабостью организма. Медь участвует в образовании красных кровяных телец и в синтезе коллагена, улучшает состояние кожи, способствует переходу железа в гемоглобин. Натрий регулирует кислотно-щелочной и электролитный баланс, нормализует процессы возбудимости и сокращения мышц, укрепляет стенки сосудов. Фосфор регулирует обмен веществ, улучшает мозговую деятельность, участвует в синтезе гормонов, фор-

Таблица 2 – Аминокислотный состав дайкона сорта «Хару»

Аминокислота	Количество
Триптофан	0,003 г
Треонин	0,025 г
Изолейцин	0,026 г
Лейцин	0,031 г
Лизин	0,03 г
Метионин	0,006 г
Цистин	0,005 г
Фенилаланин	0,02 г
Тирозин	0,011 г
Валин	0,028 г
Аргинин	0,035 г
Гистидин	0,011 г
Аланин	0,019 г
Аспаргиновая кислота	0,041 г
Глутаминовая кислота	0,113 г
Глицин	0,019 г
Пролин	0,015 г
Серин	0,018 г

мирует костные ткани. Марганец участвует в окислительных процессах, регулирует обмен веществ, нормализует уровень холестерина в крови, предотвращает отложение жиров в печени. Селен укрепляет иммунитет, замедляет процессы старения, предотвращает развитие раковых опухолей. Цинк регулирует уровень глюкозы в крови, поддерживает остроту обоняния и вкуса, укрепляет иммунитет, защищает от воздействия бактерий и вирусов.

Дайкон рекомендуется для употребления в пищу спортсменам и людям, подверженным физическим нагрузкам, так как в его состав входят аминокислоты, перечисленные в таблице 2.

Кроме того, дайкон имеет низкую калорийность. Пищевая ценность 100 г свежего продукта составляет всего 21 ккал. В таблице 3 приведен анализ пищевой ценности дайкона сорта «Хару, который показывает содержание нутриентов и их процент от суточной нормы в ккал.

Благодаря тому, что дайкон обладает более мягким вкусом по сравнению с редькой и реди-

Таблица 3 – Пищевая ценность дайкона сорта «Хару»

Нутриент	Количество на 100 г съедобной части	% от нормы в 100 г	% от нормы в 100 ккал
Белки	1,2 г	1,6	7,6
Углеводы	0,1 г	1,9	9
Пищевые волокна	4,8 г	7	33,3
Вода	95,4	4,2	20

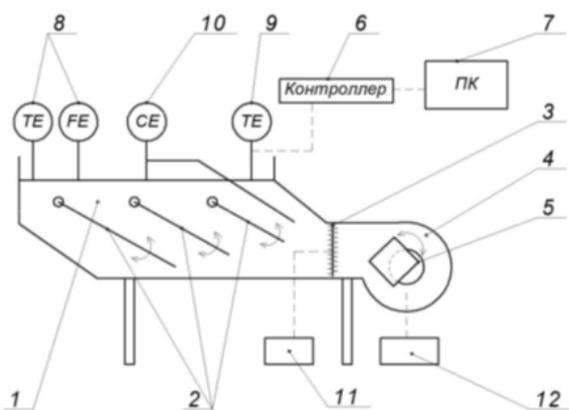


Рис. 2. Схема конвективной лотковой сушильной установки – первая ступень

1 – лоток; 2 – заслонки регулирования равномерности потока воздуха; 3 – ТЭНы; 4 – вентилятор радиальный; 5 – заслонка; 6 – контроллер; 7 – персональный компьютер; 8 – датчик скорости и температуры теплоносителя; 9 – датчик температуры материала; 10 – датчик влагосодержания; 11 – регулятор мощности; 12 – частотный преобразователь.

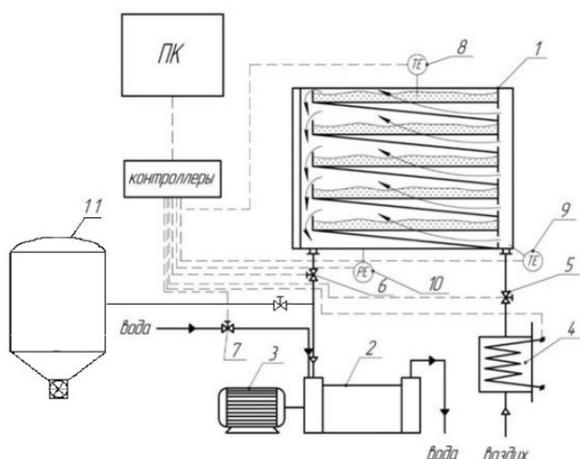


Рис. 3. Схема конвективной вакуумно-импульсной сушильной установке – вторая ступень.

1 – сушильный шкаф; 2 – жидкостнокольцевой вакуумный насос; 3 – электродвигатель; 4 – ТЭНы; 5, 6, 7 – клапаны; 8, 9 – термодатчики; 10 – вакуумметр; 11 – цилиндрическая емкость для создания сухих импульсов.

сом, он является универсальным овощем для использования в самых разнообразных блюдах или употреблении отдельно. Сушеный дайкон может разнообразить область его применения, например, в зимние периоды, когда организм особенно нуждается в витаминах, а порошок дайкона может стать полезным дополнением приправ.

Срок хранения высушенного корнеплода в несколько раз превосходит срок хранения свежего, к тому же его удобней транспортировать и использовать в качестве добавки для создания функционального питания, способствующего обогащению ежедневного рациона необходимыми витаминами и минералами.

**Целью работы** являлось определение рациональных режимных параметров двухступенчатой вакуумно-импульсной суши (ДКВИС) дайкона сорта «Хару».

## Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись дайкон сорта «Хару», который возделывают на полях и огородах Тамбовской области, и процесс его сушки в двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной суши (ДКВИС).

Методами исследования являлись многочисленные теоретические и экспериментальные исследования, изложенные в литературе [6-9], в ходе которых было установлено, что наилучшей является двухступенчатая конвективная вакуумно-импульсная суши.

ДКВИС состоит из двух ступеней [10]. Первая ступень – конвективная лотковая сушилка с неподвижным слоем материала (рисунок 2). Она включает лоток в корпусе (позиция 1), установленный на ножках на пол цеха. Подача теплоносителя (воздуха), осуществляется вентилятором (позиция 4), его производительность обеспечивается изменением заслонкой (позиция 4) площади впускного отверстия, а равномерность подачи регулируется заслонками (позиция 2), установленными в корпусе. Основные параметры процесса определяются датчиками скорости и температуры теплоносителя, температуры материала, влагосодержания (позиции 8-10). Сигналы поступают на контроллер 6 и записываются на ПК. С помощью частотного преобразователя (позиция 12) может изменяться частота вращения вентилятора.

Вторая ступень – конвективная вакуумно-импульсная сушилка (рисунок 3) состоит из сушильного шкафа с лотками (позиция 1), одноступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса (позиция 2) с приводом от асинхронного электродвигателя (позиция 3), работающего в режиме как воздуходувки для нагрева через тэны (позиция 4) материала, так и вакуумного насоса. Регулирование стадий продувки, нагрева, вакуумной суши осуществляется с помощью клапанов (позиция 5), а контролируется термодатчиками (позиции 8, 9), вакуумметром (позиция 10). Сигналы второй также поступают на контроллеры и поступают на персональный компьютер. Для интенсификации процесса сушки во второй ступени, предварительно подсушенный после первой ступени нарезанные кусочки дайкона Хару подвергаются вакуумным импульсам. Экспериментальные исследования вакуумных импульсов дайкона в перспективе.

## Результаты и их обсуждение

По результатам многочисленных опытов различных видов сушки дайкона, были обработаны данные и построены рациональные кривая сушки и температурная кривая данного процесса. Причем вначале при равных режимных параметрах установлено преимущество нарезки в 3 мм по сравнению с 5 мм. Время первого периода примерно 50% меньше при нарезке в 3 мм по сравнению

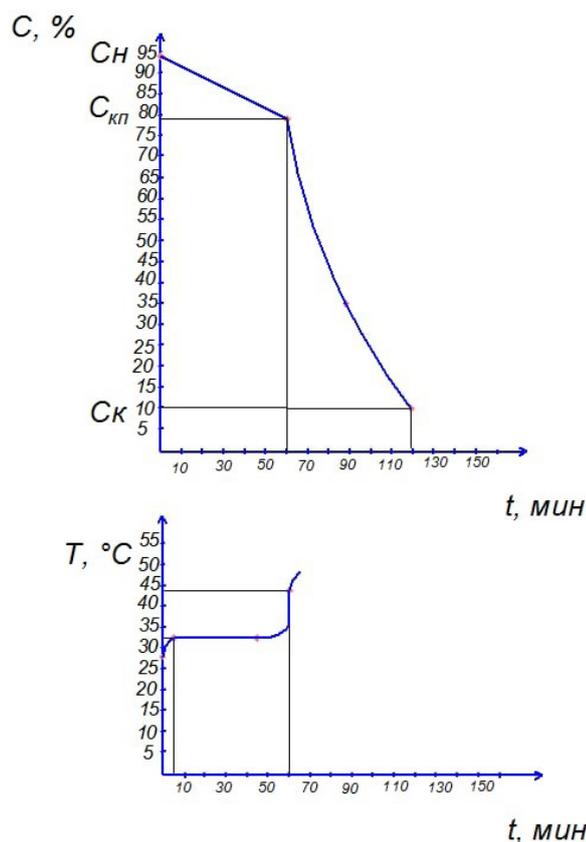


Рис. 4. Кривые сушки (вверху) и температуры (внизу) рационального режима ДВИС дайкона сорта Хару

с 5 мм. Рациональные кривые ДКВИ сушки и температуры материала в первом периоде показаны на рисунке 4.

Дайкон, порезанный толщиной 3 мм, сушился при следующих режимах теплоносителя первого периода: температура 56 °С, скорость 1,5 м/с; второго периода: температура 55 °С, скорость 2,5 м/с, время продувки 120 сек, время выдержки под вакуумом – сушки 120 сек.

Кривая сушки показывает, что конец первого периода, характеризующийся температурным скачком внутри материала по истечении 60 минут от начала сушки и влагосодержание составляет 77% при рациональных параметрах: скорости теплоносителя (воздуха) 1,5 м/с, температуре теплоносителя 56 °С. Второй период проводится при температуре 55 °С и скорости теплоносителя 2,5 м/с соответственно. Время продувки и выдержки под вакуумом чередуется по 120 секунд. Проведение второго периода с 15 циклами при толщине 3 позволяет получить влагосодержание 10%, а 18 циклов позволяет получить влагосодержание 6%, что позволяет использовать корнеплоды для производства порошков. Сравнение порезанных сырых и высушенных кусочков дайкона показаны на рисунке 5.

### Выводы

Определено влагосодержание конца первого периода, получен рациональный режим и его срав-



а)



б)

Рис. 5. Дайкон сорта «Хару» до сушки (а) и после сушки (б)

нения. Проведено исследование дайкона сорта Хару нарезкой 3 мм и 5 мм. Установлено, что длительность сушки при режимах 60 °С при нарезке 3 мм на 50 % меньше, чем при нарезке 5 мм. Проведены исследования нескольких режимов сушки и выбран наиболее рациональный режим. Значение влагосодержания конца первого периода составило 77 %. Степень нарезки первого дайкона составила 3 мм, а степень нарезки второго дайкона составила 5 мм.

Подобраны рациональный режим и параметры сушки (в первой ступени: скорость теплоносителя 1,5 м/с, температура 56 °С; во второй ступени: скорость теплоносителя и его температура 2,5, 55 °С соответственно, режим вакуумирование продувки 120/120) корнеплодов дайкона. Благодаря относительно невысокой температуре сушки дайкона сохранилось максимальное количество полезных питательных веществ. При добавлении трех циклов во второй ступени конечная влажность составила 6%. Таким образом мы высушили дайкон безопасно, не потеряв витамины.

## Список литературы

- [1] Coogan R.C., Wills R. B. H., Nguyen V.Q. Pungency levels of white radish (*Raphanus sativus* L.) grown in different seasons in Australia // *Food Chem.* 2001. No 72 (1). pp. 1-3.
- [2] Винницкая В.Ф., Данилин С.И., Перфилова О.В. Перспективы развития производства основных видов плодоовощной продукции для полноценного и здорового питания // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания.* 2014. № 2 (2). С. 45-51.
- [3] Tseng Y.H., Lee Y.L., Li R.C., Mau J. L. Non-volatile flavor components of *Ganoderma tsugae* // *Food Chem.* 2005. No 90. pp. 409-415.
- [4] Данилин С.И. Разработка элементов технологии выращивания семян и корнеплодов дайкона в условиях ЦЧР: дис. канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.05. Мичурин. гос. аграр. ун-т. 2001. С. 133.
- [5] Мой здоровый рацион [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://health-diet.ru>, свободный.
- [6] Попова И.В., Родионов Ю.В., Щербаков С.А., Однолько В.Г., Скрипников Ю.Г., Митрохин М.А. Математическое моделирование комбинированной конвективной вакуумимпульсной сушки растительных продуктов // *Вестник мичуринского государственного аграрного университета.* 2008. № 1. С. 60-65.
- [7] Скрипников Ю.Г., Митрохин М.А., Ларионова Е.П., Родионов Ю.В., Зорин А.С. Инновационные технологии сушки растительного сырья // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского.* 2012. №3 (41). С. 371-376.
- [8] Иванова Э.С., Скоморохова А.И., Кольцов В.А., Родионов Ю.В., Капустин В.П., Никитин Д.В. Исследование процесса сушки топинамбура // *Наука в центральной России.* 2019. №2 (38). С. 77-85.
- [9] Скоморохова А.И., Завьялов А.А., Родионов Ю.В., Зорин А.С. Разработка режима вакуумной сушки перца сорта «Ласточка» // *Инновационная техника и технология.* 2019. № 3 (20). С. 23-28.
- [10] Пат. 2548230 РФ, Энергосберегающая двухступенчатая сушильная установка для растительных материалов. / Родионов Ю.В., Никитина Д.В., Зорин А.С., Щегольков А.В., Дмитриев В.М., Ларионова Е.П. № 2013111266/06; заявл 12.03.2013; опубл. 20.04.2015 Бюл. № 11.

## References

- [1] Coogan R.C., Wills R. B. H., Nguyen V.Q. Pungency levels of white radish (*Raphanus sativus* L.) grown in different seasons in Australia // *Food Chem.* 2001. No 72 (1). pp. 1-3.
- [2] Vinnickaja V.F., Danilin S.I., Perfilova O.V. Perspektivy razvitiya proizvodstva osnovnyh vidov plodoovoshhnoj produkcii dlja polnocennogo i zdorovogo pitaniya // *Tehnologii pishhevoj i pererabatyvajushhej promyshlennosti APK - produkty zdorovogo pitaniya.* 2014. No 2 (2). pp. 45-51.
- [3] Tseng Y.H., Lee Y.L., Li R.C., Mau J. L. Non-volatile flavor components of *Ganoderma tsugae* // *Food Chem.* 2005. No 90. pp. 409-415.
- [4] Danilin S.I. Razrabotka jelementov tehnologii vyrashhivaniya semjan i korneplodov dajkona v uslovijah CChR: dis. kand. sel'skhozjajstvennyh nauk: 06.01.05. Michurin. gos. agrar. un-t. 2001. 133 p.
- [5] Moj zdorovyj racion (My healthy diet) Available at: <https://health-diet.ru>, free.
- [6] Popova I.V., Rodionov Ju.V., Shherbakov S.A., Odnol'ko V.G., Skripnikov Ju.G., Mitrohin M.A. Matematicheskoe modelirovanie kombinirovannoj konvektivnoj vakuumimpul'snoj sushki rastitel'nyh produktov // *Vestnik michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2008. No 1. pp. 60-65.
- [7] Skripnikov Ju.G., Mitrohin M.A., Larionova E.P., Rodionov Ju.V., Zorin A.S. Innovacionnye tehnologii sushki rastitel'nogo syr'ja // *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo.* 2012. No 3 (41). pp. 371-376.
- [8] Ivanova Je.S., Skomorohova A.I., Kol'cov V.A., Rodionov Ju.V., Kapustin V.P., Nikitin D.V. Issledovanie processa sushki topinambura // *Nauka v central'noj Rossii.* 2019. No 2 (38). pp. 77-85.
- [9] Skomorohova A.I., Zav'jalov A.A., Rodionov Ju.V., Zorin A.S. Razrabotka rezhima vakuumnoj sushki perca sorta «Lastochka» // *Innovacionnaja tehnika i tehnologija.* 2019. No 3 (20). pp. 23-28.
- [10] Pat. 2548230 RF, Jenergoberegajushhaja dvuhstupenchataja sushil'naja ustanovka dlja rastitel'nyh materialov. / Rodionov Ju.V., Nikitina D.V., Zorin A.S., Shhegol'kov A.V., Dmitriev V.M., Larionova E.P. № 2013111266/06; zajavl 12.03.2013; opubl. 20.04.2015 Bjul. No 11.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Самохвалов Дмитрий Сергеевич</b> студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 <b>Тел.:</b> +7(953) 713-14-08 <b>E-mail:</b> sam_dima2000@inbox.ru</p>	<p><b>Samokhvalov Dmitry Sergeevich</b> student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University <b>Phone:</b> +7(953) 713-14-08 <b>E-mail:</b> sam_dima2000@inbox.ru</p>
<p><b>Родионов Юрий Викторович</b> доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 <b>Тел.:</b> +7(920) 478-04-91 <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p><b>Rodionov Yuri Viktorovich</b> D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University <b>Phone:</b> +7(920) 478-04-91 <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p><b>Билан Наталия Викторовна</b> студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 <b>Тел.:</b> +7(980) 670-68-27 <b>E-mail:</b> nataliya.bilan@list.ru</p>	<p><b>Bilan Natalia Viktorovna</b> student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University <b>Phone:</b> +7(980) 670-68-27 <b>E-mail:</b> nataliya.bilan@list.ru</p>
<p><b>Скоморохова Анастасия Игоревна</b> студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59 <b>E-mail:</b> nasta373@mail.ru</p>	<p><b>Skomorokhova Anastasia Igorevna</b> student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59 <b>E-mail:</b> nasta373@mail.ru</p>

# ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 637.5

### Производство колбасных изделий в России

*Зимняков В.М.*

**Аннотация.** Рассматривается современное состояние рынка колбасных изделий. Приводится анализ объемов производства как в целом по Российской Федерации, так и в разрезе федеральных округов. Описывается структура производства колбасных изделий по видам, которая является сформированной и относительно стабильной: более 50 % приходится на фаршированные колбасные изделия (вареные колбасы, сосиски, сардельки). Выявляются основные причины спада производства, приводятся тенденции и перспективы развития. Объем импорта в 2018 году составил 34,5 тыс. тонн и снизился по сравнению с 2017 годом за год на 9,4 %. Крупнейшим импортером для России является Беларусь с долей импорта 97,1 %. Рассматривается динамика экспортных поставок колбасных изделий, основным получателем российских колбасных изделий является Казахстан. Анализируются средние цены на колбасные изделия в период 2013-2018 годы, в стоимостном выражении рынок колбасных изделий увеличивается вследствие роста цен. Дается прогноз продаж колбасных изделий на перспективу.

**Ключевые слова:** колбасные изделия, производство, объемы, рынок, развитие, импорт, экспорт, перспективы.

**Для цитирования:** Зимняков В.М. Производство колбасных изделий в России // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 49–54.

### Production of sausage products in Russia

*Zimnyakov V.M.*

**Abstract.** The current state of the sausage market is considered. The analysis of production volumes both in the Russian Federation as a whole and in the context of Federal districts is given. The article describes the structure of production of sausage products by type, which is formed and relatively stable: more than 50 % is accounted for stuffed sausage products (boiled sausages, sausages, sausages). The main reasons for the decline in production are identified, as well as trends and prospects for development. The volume of imports in 2018 amounted to 34.5 thousand tons and decreased by 9.4 % compared to 2017. The largest importer for Russia is Belarus with a 97.1 % share of imports. The dynamics of export deliveries of sausage products is considered. The main recipient of Russian sausage products is Kazakhstan. The average prices for sausage products in the period 2013 - 2018 are analyzed. In value terms, the market for sausage products increases due to price increases. The forecast of sales of sausage products for the future is given.

**Keywords:** sausage products, production, volumes, market, development, import, export, prospects.

**For citation:** Zimnyakov V.M. Production of sausage products in Russia. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.1 (22). pp. 49–54. (In Russ.).

## Введение

Российский рынок колбасных изделий представлен большим ассортиментом. В целом производственный объем колбасных изделий в России показывает положительное изменение за последнее десятилетие.

Факторы, позитивно влияющие на развитие российского рынка колбасных изделий: развитие сельского хозяйства, в частности животноводства; совершенствование розничного и оптового сектора, укрепление магазинов всех форматов; налаженная работа основных сбытовых структур; развитие технологий производства; снижение конкуренции в сегменте премиум-колбас в связи с ограничениями импорта. Факторы, оказывающие негативное влияние на рынок: рост цен на сырье – данный факт связан не только с мировым ростом цен на мясо, но и с ограничениями поставок импортного сырья на фоне недостаточного предложения со стороны российских производителей; возможное негативное влияние значительного роста валюты (в последнее время) на деятельность производителей колбасных изделий; снижение пошлин на ввоз продукции через страны участниц Таможенного союза, приведшее к росту реэкспорта нелегальной продукции через эти страны, что негативно сказывается на отечественных производителях [2, 3, 4, 6, 7].

**Целью работы** является изучение современного состояния производства колбасных изделий в России.

## Объекты и методы исследований

Объектом исследования является производство колбасных изделий. Инструментарно-методический аппарат исследования определяется совокупностью использованных методов общенаучных и экономических исследований: диалектического, статистического, типологического, индуктивного

и дедуктивного анализа, экономико-математического моделирования, социологического опроса, экспертных оценок, монографического обследования. 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 колбасных изделий [2, 3, 4].

## Результаты и их обсуждение

Объем рынка колбасных изделий достаточно стабилен, изменения в объеме, как правило, не превышают 2 %, в последние 7 лет произошло некоторое сокращение объема рынка, например, с 2012 по 2018 гг. он сократился на 5 %. Темп прироста производства в 2018 году сменился на нулевой, а в 2019-м – на положительный. В 2018 году, с учетом повышенной насыщенности рынка, наблюдалось усиление конкуренции. Что касается дальнейшей перспективы развития мясной отрасли, то отмечается сохранение положительной динамики роста производства и реализуемого товара. Структура производства колбасных изделий по видам является сформированной и относительно стабильной: более 50 % приходится на фаршированные колбасные изделия (вареные колбасы, сосиски, сардельки). Наиболее популярными видами колбасных изделий и мясных деликатесов в России являются фаршированные колбасные изделия. Так в 2018 году доля вареных колбас и сосисок составила 50,6 % от общего объема производства, полукопченых и варенокопченых колбас – 20,5 % (рис. 1).

В 2018 году самыми популярными колбасами являлись вареные колбасы, они занимают первую

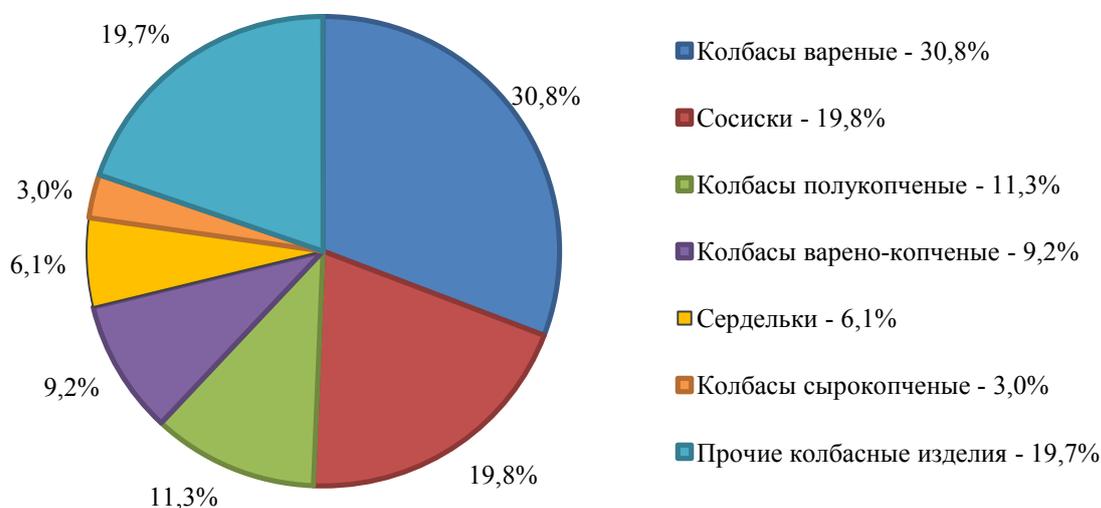


Рис. 1. Структура производства колбасных изделий по видам (в натуральном выражении) в 2018 году, %

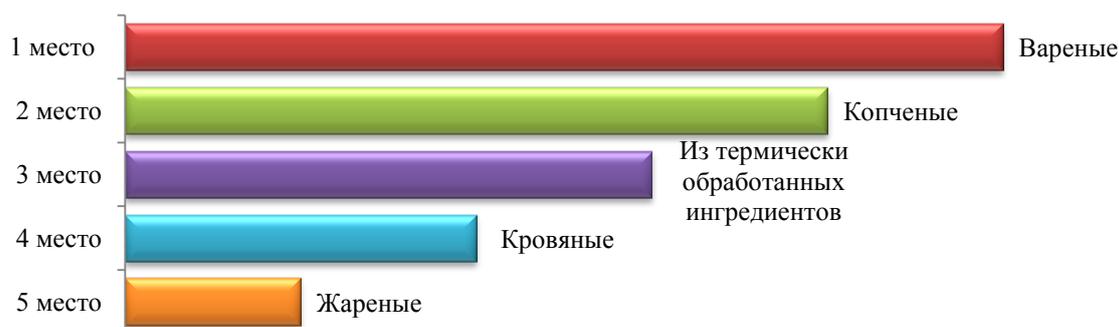


Рис. 2. Рейтинг популярности различных видов колбас в 2018 году

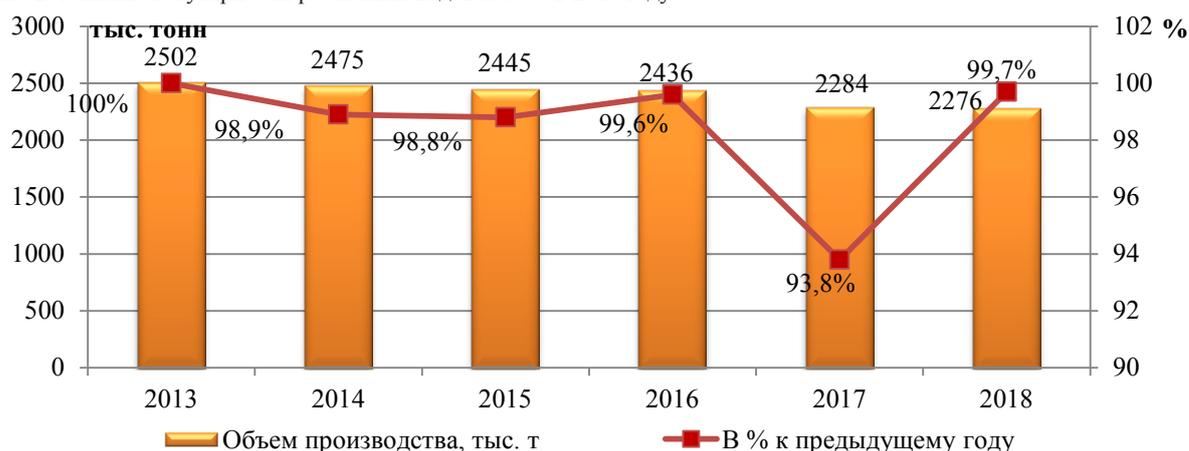


Рис. 3. Объем производства колбасных изделий в РФ в 2013-2018 гг., тыс. тонн

строчку в рейтинге популярности различных видов колбас. (рис.2).

В период 2013–2018 гг. динамика производства колбасных изделий показывала отрицательный тренд со среднегодовыми темпами падения на уровне 2 %. Очередной спад в 2017 году на 6 % связан с еще большим удорожанием сырья для изготовления колбасных изделий, что, в свою очередь, привело к росту конечных цен на продукцию для потребителя. Стоит также отметить существенный рост издержек производителей колбасных изделий, связанный с повышением тарифов на воду, электроэнергию и логистические услуги [1, 5, 6].

В 2018 году в России было произведено 2276000 тонн колбасных изделий (рис. 3). В том числе 1 548 873,8 тонн изделий колбасных вареных, что на 0,4 % больше объема производства 2017 года.

Анализируя производство колбасных изделий среди федеральных округов можно отметить, что лидером по производству колбасных изделий является Центральный федеральный округ, в 2018 году на его долю пришлось порядка 40 %. Далее следуют Приволжский и Северо-Западный федеральные округа с долями 22 % и 10 % соответственно. Наиболее крупные производители колбасных изделий являются: «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева, Останкинский мясоперерабатывающий комбинат, Черкизовский мясоперерабатывающий завод, Приосколье, Великолукский мясокомбинат, Белгородские гранулированные корма,

Мясоперерабатывающий комплекс «Атяшевский», МПЗ Агро-Белогорье, Стародворские колбасы, Агрофирма Ариант, Птицефабрика Акашевская, Микояновский мясокомбинат, Дмитрогорский мясоперерабатывающий завод, Мясокомбинат Бобровский, Васильевская птицефабрика, Челны-Бройлер, Равис – птицефабрика Сосновская, мясокомбинат «Звениговский», Бахетле-1, Дымовское колбасное производство и др. Лидерами российского рынка являются такие компании, как Группа Черкизово, ОАО «Останкинский мясоперерабатывающий завод», ОАО «Великолукский мясокомбинат» (Великолукский агропромышленный холдинг), ЗАО «Микояновский мясокомбинат», ООО МПК Атяшевский (Группа компаний Таллина), ЗАО «Стародворские колбасы» и др. [5].

Наибольшим спросом традиционно пользуются вареные колбасные изделия, на долю которых приходится 68 % от общего объема рынка. Далее с большим отставанием следуют копченые колбасные изделия (28 %). На продукцию из термически обработанных ингредиентов, кровяные и жареные изделия приходится не более 4 %. Данная структура обусловлена уже сложившейся культурой потребления колбасных изделий, а также их стоимостью: цены на вареную продукцию значительно ниже цен на прочие виды колбас [4].

С 2014 года объем видимого потребления колбасных изделий уменьшался со среднегодовыми темпами 2 % и по итогам 2018 года составил 2278 тыс. т. Отрицательная динамика на рынке связана

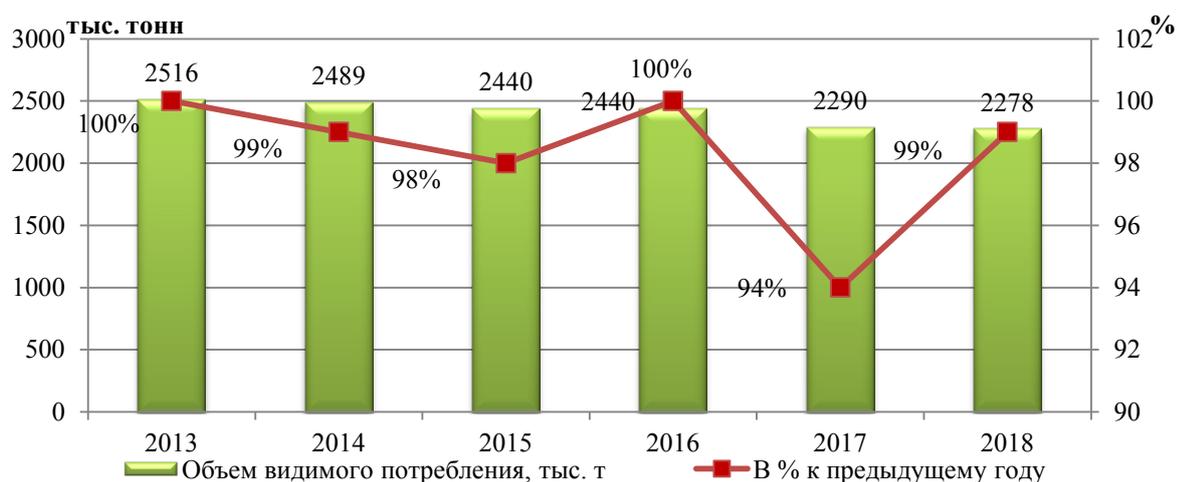


Рис. 4. Объем видимого потребления колбасных изделий на российском рынке в 2013-2018 гг., тыс. тонн



Рис. 5. Динамика импортных поставок колбасных изделий на рынок РФ в 2013-2018 гг., тыс. тонн

с общими кризисными явлениями в экономике, а также с эмбарго и ростом цен на сырье, которые в совокупности повлияли на изменения конечного спроса на рынке (рис. 4).

Объем видимого потребления приравнивается к объему рынка; фактически данный показатель отражает объем продукции, доступный для потребления на внутреннем рынке.

Анализируя импортные поставки можно отметить, что в 2016 – 2017 гг. импорт показывал рост, что свидетельствовало об адаптации иностранных производителей к текущей экономической обстановке, сложившейся в России. Объем импорта в 2018 году составил, оценочно, 34,5 тыс. тонн и снизился за год на 8,1 %. Крупнейшим импортером для России является Беларусь с долей импорта 97,1 % в натуральном выражении и 96,1 % в стоимостном выражении.

Доля импорта в структуре объема рынка незначительная и в 2018 году составила 1,5 %. Импортные поставки колбасных изделий на рынок РФ за период с 2013 по 2018 год сократились с 51,7 тыс. тонн до 34,5 тыс. тонн. В 2018 году по сравнению с 2017 годом импорт сократился на 10 %, что связано с запретом Россельхознадзора на ввоз некоторых категорий и марок колбасных изделий из

Беларуси, которая является основным поставщиком данной продукции в Россию (рис. 5).

Рассматривая динамику экспортных поставок колбасных изделий мы видим, что экспорт колбасных изделий показывает нестабильную динамику на протяжении всего периода, что главным образом связано с колебаниями валютного курса. Экспортные поставки российских колбасных изделий за период с 2013 по 2018 год сократились с 37,2 тыс. тонн до 32,8 тыс. тонн. Основным получателем российских колбасных изделий традиционно является Казахстан, на долю которого на 2018 год пришлось 79 % от общего объема экспорта, на втором месте – Украина с долей 10 % (рис. 6).

В период 2013–2018 годы цены производителей показывали нестабильную динамику, которая, в первую очередь, зависит от стоимости сырьевых компонентов и прочих издержек производителей. В 2013 году цены оставались стабильными. С 2014 года средние цены начали увеличиваться, и в 2018 году цены на вареные колбасы составили 216,1 руб./кг. Средняя розничная цена на колбасу вареную в 2019 году выросла на 5,8 % к уровню прошлого года и составила 388,5 руб./кг.

Анализируя ценовую политику можно отметить, что в период 2013 – 2018 годы цены



Рис. 6. Динамика экспортных поставок колбасных изделий РФ в 2013-2018 гг., тыс. тонн

Таблица 1 – Средние цены на колбасные изделия в период 2013-2018 годы, руб./кг

Вид изделия	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Колбасы вареные	164,6	202,6	206,6	214	215,4	216,1
Колбасы сырокопченые	379,8	409,6	444,6	434	425	430,9
Колбасы полукопченые	205,6	254,3	289,4	292,4	264,4	272,2
Сосиски и сардельки	166,8	182,1	195,6	192	196,3	202,8

производителей показывали разнонаправленную динамику, которая, в первую очередь, зависит от стоимости сырьевых компонентов и прочих издержек производителей. В 2013 году цены оставались стабильными. С 2014 года средние цены начали увеличиваться, и в 2018 году цены на вареные колбасы составили 216,1 руб./кг, на полукопченые колбасы – 272,2 руб./кг, на сырокопченые колбасы – 430,9 руб./кг. Средняя цена на сосиски и сардельки составила 202,8 руб./кг. (табл. 1).

Таким образом, в стоимостном выражении рынок колбасных изделий увеличивается вследствие роста цен, который характерен и для цен производителей, и для цен импорта и экспорта, и для потребительских цен.

## Выводы

1. Потребительский спрос на колбасные изделия, как на товар, не относящийся к категории продуктов первой необходимости, является основным фактором, определяющим показатели рынка, и в первую очередь зависит от уровня доходов и структуры расходов населения с учетом цены на товар.

2. Наиболее популярными видами колбасных изделий в России являются фаршированные колбасные изделия. Так в 2018 году доля вареных колбас и сосисок составила 50,6 % от общего объема производства.

3. В 2018 году в России было произведено 2276000 тонн колбасных изделий, в том числе – 1 548 873,8 тонн изделий колбасных вареных, что на 0,4 % больше объема производства 2017 года.

## Список литературы

- [1] Батина, Е. А. Обзор российского рынка производства колбасных изделий / Е. А. Батина, Н. Г. Соколова // Огарев-online. 2018. № 1. Электронный ресурс. Режим доступа: [http://journal.mrsu.ru/arts/obzor-rossijskogo-rynka-proizvodstva-kolbasnyxizdelij].
- [2] Зимняков, В.М. Продовольственная безопасность и развитие мясного подкомплекса региона / В.М. Зимняков, И.А. Сергеева, А.Ю. Сергеев // Нива Поволжья. 2012. № 4 (25). С. 105-109.
- [3] Зимняков, В.М. Стратегия развития продуктовых подкомплексов / В.М. Зимняков, В.А. Гудашев, А.Ю. Сергеев // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45). С. 55-62.
- [4] Методические рекомендации по техническому и технологическому обеспечению сельскохозяйственных потребительских кооперативов по переработке мяса / И.В. Палаткин, А.А. Курочкин, В.А. Авроров и др. // Пенза, 2008. 172 с.
- [5] Осянин, Д.Н. Российский рынок колбасных изделий - перспективы развития / Д.Н. Осянин, И.В. Петрунина // Все о мясе. 2019. № 6.- С. 18-21.
- [6] Птуха, А. Российский рынок колбасных изделий / А. Птуха, Ю. Кулакова // Мясная индустрия. 2014. № 12.- С. 6-7.

- [7] Скопинцева, Евгения. Российский рынок мяса близок к насыщению / Е. Скопинцева // Экономика и жизнь. 2018. №08 (9724). С. 24-28.

**References**

- [1] Batina, E. A., Sokolova N. G. Obzor rossijskogo rynka proizvodstva kolbasnyh izdelij. Ogarev-online, 2018, No.1. Available at: <http://journal.mrsu.ru/arts/obzor-rossijskogo-rynka-proizvodstva-kolbasnyxizdelij/> (Accessed 12 Marth 2020).
- [2] Zimnyakov V.M., Sergeev I.A., Sergeev A.YU. Prodoovol'stvennaya bezopasnost' i razvitie myasnogo podkompleksa regiona [Food security and development of the region's meat subcomplex]. Niva Povolzh'ya, 2012, No.4 (25), pp. 105-109.
- [3] Zimnyakov V.M., Gudashev V.A., Sergeev A.YU. Strategiya razvitiya produktovyh podkompleksov [Strategy for developing product subcomplexes]. Niva Povolzh'ya, 2017, No.4(45), pp. 55-62.
- [4] Palatkin I. V., Kurochkin A. A., Avrorov V. A., Shaburova G. V., Tukova d. c., Zimnyakov, V. M., Chistyakov V. P., Zotova O. B., Belov A. B., Ilyasov A.V. Metodicheskie rekomendacii po texnicheskomu i texnologicheskomu obespecheniyu sel'skoxozyajstvenny`x potrebitel'skix kooperativov po pererabotke myasa [Guidelines for technical and technological support of agricultural consumer cooperatives for meat processing], Penza, 2008. 172 p.
- [5] Osyanin D.N., Petrunina I.V. Rossijskij rynek kolbasnyh izdelij - perspektivy razvitiya [Russian market of sausage products - the development prospects]. Vse o myase, 2019, No.6, pp. 18-21.
- [6] Ptuha, A., Kulakova YU. Rossijskij rynek kolbasnyh izdelij [Russian market of sausage products]. Myasnaya industriya, 2014, No.12, pp. 6-7.
- [7] Skopinceva Evgeniya. Rossijskij ry`nok myasa blizok k nasy`shheniyu [Russian meat market is close to saturation]. Economy and life, 2018, No.08 (9724), pp. 24-28.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

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

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## ENVIRONMENTAL PROTECTION

УДК 544.726

### Применимость модели Фрейндлиха для описания адсорбции ионов меди модифицированными диатомитами

*Борисков Д.Е., Кузьмин А.А., Комарова Н.А., Давыдова М.А.*

**Аннотация.** Исследованы адсорбционные процессы на поверхности модифицированных диатомитов Ахматовского месторождения Пензенской области. Построены изотермы адсорбции Фрейндлиха, получены количественные характеристики величин адсорбции ионов меди на поверхности модифицированных и немодифицированных сорбентов, а также значения эмпирических коэффициентов, позволяющие оценить степень пригодности указанной модели для описания адсорбционных процессов.

**Ключевые слова:** сорбент, очистка, сточные воды.

**Для цитирования:** Борисков Д.Е., Кузьмин А.А., Комарова Н.А., Давыдова М.А. Применимость модели Фрейндлиха для описания адсорбции ионов меди модифицированными диатомитами // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 55–60.

### Applicability of the Freundlich model for describing the adsorption of copper ions by modified diatomites

*Boriskov D.E., Kuzmin A.A., Komarova N.A., Davydova M.A.*

**Abstract.** Adsorption processes on the surface of modified diatomites of the Akhmatovsky Deposit in the Penza region were studied. Freundlich adsorption isotherms are constructed, quantitative characteristics of the values of adsorption of copper ions on the surface of modified and unmodified sorbents are obtained, as well as the values of empirical coefficients that allow us to assess the degree of suitability of this model for describing adsorption processes.

**Keywords:** diatomite, modification, sorbent, purification, waste water.

**For citation:** Boriskov D.E., Kuzmin A.A., Komarova N.A., Davydova M.A. Applicability of the Freundlich model for describing the adsorption of copper ions by modified diatomites. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.1 (22). pp. 55–60. (In Russ.).

#### Введение

Наиболее распространённым поверхностным явлением является адсорбция. Ею принято называть явление изменения концентрации вещества в поверхностном слое, по сравнению с объёмной фазой. Одним из видов является адсорбция на границе твёрдое тело-жидкость и как разновидность адсорбция из растворов [1]. К сожалению, не существует единой теории, которая достаточно корректно и полно описывала бы адсорбционные процессы. Поэтому для каждого типа поверхностных явлений существует своя модель, наиболее применимая в

каждом конкретном случае. Для определения количественной адсорбции на поверхности твёрдое тело – раствор чаще всего используют модели Ленгмюра и Фрейндлиха [1, 2].

**Целью работы** являлось изучение сорбционной активности диатомитов, модифицированных различными способами по отношению к тяжелым металлам на примере ионов меди и возможности применения модели Фрейндлиха к указанным процессам. Поэтому были поставлены задачи: провести модификацию диатомита различными способами, построить изотермы адсорбции по модели Фрейндлиха, проанализировать полученные

результаты. Актуальность этой задачи в связи с загрязнением вод тяжелыми металлами весьма высока [7].

### Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследований был выбран диатомит Ахматовского месторождения Пензенской области. В работе [5, 6] приведены основные характеристики диатомита Ахматовского месторождения, а именно химический состав, свойства и основная методика исследований. Модифицирование проводилось тремя способами: термическим, щелочным и кислотным. При термическом воздействии на измельченный материал при температуре 440-460 °С в течение 3 часов в муфельной печи, происходит смена окраски диатомита с светло-серого на буро-оранжевый.

При кислотной и щелочной активации измельченный материал обрабатывали 1N HCl (кислотная активация) и 1N NaOH (щелочная активация) с

трехразовой повторностью, перемешивали механической мешалкой с мешалкой с частотой 800 оборотов/мин. в течение 1 часа и 24 часов соответственно. По истечению времени образцы промывались дистиллированной водой до нейтрального значения pH, просушивались при комнатной температуре до полного высыхания [3–6, 8].

### Результаты и их обсуждение

По экспериментальным данным исходных и равновесных концентраций ионов меди на образцах диатомитов были получены изотермы адсорбции, которые путем логарифмирования были приведены к линейному виду  $\ln A = \ln K + 1/n \cdot \ln C$  и графически были найдены эмпирические константы уравнения Фрейндлиха. Константа равновесия, а именно  $1/n$  была рассчитана с помощью тангенса наклона прямой с осью ординат, а значения  $K$  найдена из пересечения прямой с осью ординат [1].

Графический метод позволяет найти необхо-

Таблица 1 – Адсорбция на диатомите ионов меди  $Cu^{+2}$ , масса адсорбента = 0,002 кг,  $V_p - p_a = 0,1$  л

Тип модификации	$C_0$ (мг/л)	$C_{равн}$ (мг/л)	A (мг/кг)	1/n	k	Уравнение Фрейндлиха	Коэффициент аппроксимации $R^2$
«Щелочной» «ОН» 1 час	0,067	0,012	0,129	0,87	5,08	$A = 5,08 \cdot C^{0,87}$	0,98
	0,275	0,009	0,095				
	5	0,303	2,134				
	10	0,756	4,730				
	25	2,92	15,318				
	50	7,588	35,158				
«Кислотный» «Н» 1 час	0,067	0,010	0,829	0,43	6,03	$A = 6,03 \cdot C^{0,43}$	1
	0,275	0,009	0,807				
	5	0,005	0,639				
	10	0,008	0,752				
	25	2,52	8,973				
	50	20,292	22,002				
«Термический» «Т» 1 час	0,067	0,021	0,792	0,42	6,03	$A = 6,03 \cdot C^{0,42}$	1
	0,275	0,015	0,687				
	5	0,616	3,271				
	10	4,442	7,501				
	25	22,6	14,855				
	50	46,092	20,039				
«Природный» «N» 1 час	0,067	0,009	0,995	0,3	6,03	$A = 6,03 \cdot C^{0,3}$	1
	0,275	0,167	2,391				
	5	0,078	1,903				
	10	1,532	4,649				
	25	13,12	8,853				
	50	49,251	13,166				
112,7	132,55	17,719					

Продолжение табл. 1

Тип модификации	C <sub>0</sub> (мг/л)	C <sub>равн</sub> (мг/л)	A (мг/кг)	1/n	k	Уравнение Фрейндлиха	Коэффициент аппроксимации R <sup>2</sup>
«Щелочной» «ОН» 24 часа	0,067	0,001	0,253	0,49	1747,89	$A = 1747,89 \cdot C^{0,49}$	0,76
	0,275	0,000	0,017				
	5	0,007	0,643				
	10	0,024	1,020				
	25	0,428	4,929				
	50	1,46	8,992				
	112,7	5,17	16,708				
«Кислотный» «Н» 24 час	0,067	0,000	0,093	0,45	2951,74	$A = 29574 \cdot C^{0,45}$	0,68
	0,275	0,000	0,127				
	5	0,000	0,065				
	10	0,001	0,365				
	25	0,238	4,188				
	50	1,44	9,415				
	112,7	1,66	10,037				
«Термический» «Т» 24 час	0,067	0,000	0,031	0,35	968,87	$A = 968,87 \cdot C^{0,35}$	0,9
	0,275	0,000	0,274				
	5	0,000	0,453				
	10	0,045	2,324				
	25	8,81	14,734				
	50	8,81	14,734				
	112,7	24,59	21,103				
«Природный» «N» 24 час	0,067	0,000	0,019	0,41	1413,08	$A = 1413,08 \cdot C^{0,41}$	0,95
	0,275	0,000	0,178				
	5	0,002	0,511				
	10	0,030	1,710				
	25	0,75	6,443				
	50	5,93	15,041				
	112,7	22,14	25,814				

димые константы и использовать их в уравнении Фрейндлиха для определения количества адсорбированной меди из раствора после адсорбции при равновесных условиях.

Основные сведения о сорбционных свойствах материала и характере адсорбции на нем определенных веществ могут быть получены из изотерм адсорбции, характеризующих зависимость сорбционной способности от концентрации (или давления) сорбируемого компонента при постоянной температуре.

Фрейндлих предположил, что масса адсорбированного газа или растворенного вещества, приходящаяся на единицу массы адсорбента, должна быть пропорциональна равновесному давлению (для газа) или равновесной концентрации (для твердого вещества, адсорбируемого из раствора), возведенной в какую-то степень. Другими словами, чем выше давление и чем больше концентрация растворенного вещества, тем больше вещества будет адсорбироваться на поверхности, однако пропор-

циональность должна носить не прямой, а экспоненциальный характер. Это положение выражается эмпирическим уравнением Фрейндлиха [1, 2]. В области промежуточных равновесных концентраций (на небольших участках изменения концентрации адсорбата) зависимость адсорбции от концентрации часто может быть описана уравнением Фрейндлиха, в основе которого лежит допущение, что изотерма адсорбции является параболой:

$$A = K \cdot C^{1/n} \quad (1)$$

где K и 1/n – константы.

Или ее линейный вариант

$$\ln A = \ln K + 1/n \cdot \ln C \quad (2)$$

Уравнение изотермы модели Фрейндлиха (1) используется для описания адсорбции на гетерогенной поверхности. Так как адсорбционные центры по этой модели обладают различными величинами энергии, то в первую очередь происходит заполнение активных сорбционных центров с максимальной энергией. Здесь K – константа равновесия уравнения Фрейндлиха, относящаяся к адсорб-

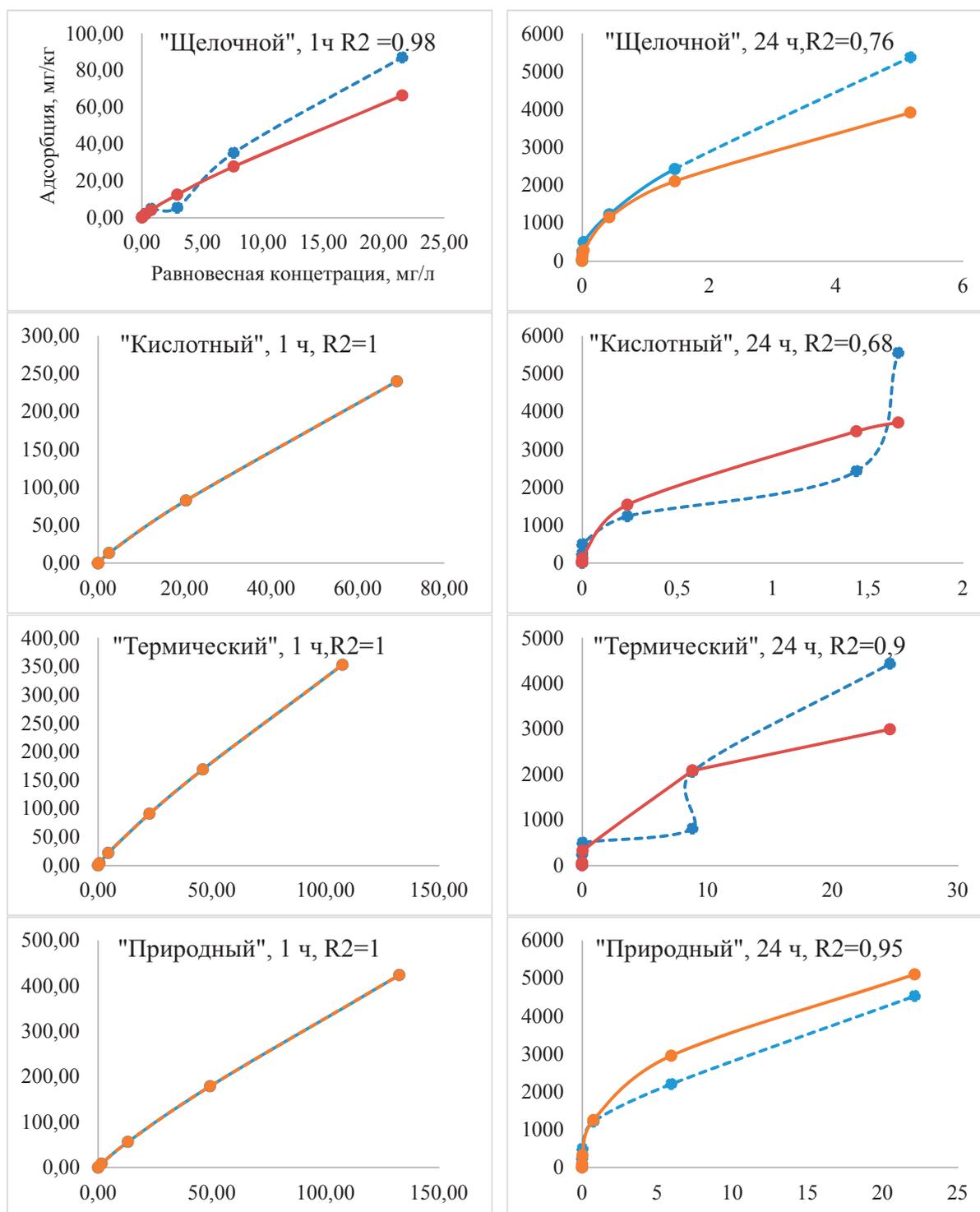


Рис. 1. Оценка применимости модели Фрейндлиха к адсорбции ионов меди из водных растворов на модифицированных и немодифицированных диатомитах.

(Синий пунктир - изотермы по экспериментальным данным, красным – теоретические изотермы, построенные по константам Фрейндлиха. По оси X – равновесная концентрация, мг/кг, по оси Y – величина адсорбции мг/л)

ционной емкости;  $1/n$  – параметр, указывающий на интенсивность взаимодействия адсорбент – адсорбат. Константа  $K$  по своему физическому смыслу – значение адсорбции при равновесной концентрации адсорбата, равной единице (при  $C = 1$ ,  $A = K$ ). Эта константа для различных адсорбционных систем изменяется в широких пределах [1, 2].

Показатель колеблется в пределах 0,1 – 1, чаще (0,2–0,7) и зависит от температуры и природы

адсорбата, характеризует степень отклонения изотермы адсорбции от прямой линии [10, 11].

Модель Фрейндлиха, также описывающая мономолекулярную реже полимолекулярную сорбцию с учетом неоднородности поверхности, которая характеризуется наличием неодинаковых адсорбционных центров, обладающих различным сродством к адсорбируемым веществам [7-9]. Таким образом, эта эмпирическая модель может быть применена к

неидеальной сорбции на гетерогенных поверхностях или многослойной сорбции.

Применимость модели Фрейндлиха к описанию процессов адсорбции можно оценить по величине коэффициента аппроксимации  $R_2$  при построении функции в координатах уравнения Фрейндлиха,  $\ln A = f(\ln C_{\text{равн}})$ , порог достоверности 0,95 (табл. 1). Значения коэффициента аппроксимации указывают на применимость модели Фрейндлиха к оценке адсорбции ионов меди (II) из водных растворов как природным, так и модифицированными диатомитами на относительно коротком временном интервале (1 час). По всей видимости, кратковременная адсорбция мало зависит от дополнительной модификации адсорбента и определяется, в основном, его нативным сорбционным потенциалом. При относительно большем времени адсорбции (24 часа) модель Фрейндлиха достоверно применима к описанию сорбционных процессов лишь для природного диатомита, не подвергшегося иным модификациям. По нашему мнению, длительная адсорбция подразумевает предельное насыщение адсорбента и, как следствие, выполнение изотермы адсорбции. Пологий участок изотермы в принципе нельзя описать на основе модели Фрейндлиха. С этой точки зрения величины коэффици-

ента аппроксимации по модели Фрейндлиха при длительной адсорбции указывают на полное прохождение сорбционных процессов на модифицированных диатомитах, тогда как природный диатомит продолжает адсорбировать ионы меди из раствора, что указывает на эффективность модификации в целях повышения скорости адсорбции. Тем не менее, данные заключения требуют дополнительной проверки и исследования.

### Выводы

На основе полученных результатов (табл.1, рис.1) можно сделать вывод, что модифицированные диатомит подчиняется степенной зависимости адсорбции по Фрейндлиху по отношению к ионам меди лишь при незначительном времени контактирования (1 час).

При относительно большом времени адсорбции (24 часа) модель Фрейндлиха достоверно применима к описанию сорбционных процессов лишь для природного диатомита, тогда как при модифицировании поверхности включаются в действие другие механизмы, например, полимолекулярной адсорбции, увеличении адсорбционной емкости за счет открытия дополнительных микро и нанопор.

### Список литературы

- [1] Евстратова К.И., Купина И.А., Малахова Е.Е. Физическая химия. – М.: Высшая школа, 1990. – 487с.
- [2] Freundlich, Herbert «Über die Adsorption in Lösungen». Zeitschrift für Physikalische Chemie. 57U(1): 385–470. doi:10.1515/zpch-1907-5723
- [3] Бузаева М. В., Климов Е. С., Кириллов А. И. Физико-химические свойства природных сорбентов Ульяновской области // Баш. хим. ж.. 2010. №4. С.37-40
- [4] Модифицирование природных минеральных систем для очистки воды от радионуклидов / Е.П. Ключков, В.И. Павленко, П.В. Матюхин, А.В. Ястребинская // Современные проблемы науки и образования. 2012. №6. С. 32-35.
- [5] Борисков Д.Е., Блинохватов А.А. Диатомиты Пензенской области и их использование в качестве универсальных сорбентов при очистке воды для нужд пищевой промышленности // Инновационная техника и технология. Пенза, Изд-во «Фролов Дмитрий Иванович» 2018. № 1(14), С. 47-49
- [6] Борисков Д.Е., Кузьмин А.А., Комарова Н.А., Давыдова М.А. Влияние типа модификации диатомита на его сорбционную способность // Инновационная техника и технология. 2019. № 3 (20). С. 68–74.
- [7] Климов, Е.С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М.В. Бузаева. - Ульяновск: УлГТУ, 2011. 201 с.
- [8] Кондрашова А. В. Химическое модифицирование природного сорбента // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. Т. 26. С. 286–290. URL: <http://e-koncept.ru/2014/64358.htm>.
- [9] Физико-химические и адсорбционно-структурные свойства диатомита, модифицированного соединениями алюминия / Дацко Т.Я., Зеленцов В.И., Дворникова Е.Е. // Электронная обработка материалов, 2011, 47(6), 59–68.
- [10] Тарасевич Ю.И. Адсорбция и адсорбенты -Москва: Наука, 1987 – 329 с.
- [11] С. А. Модифицирование биогенного кремнезема и пути его использования: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук: 03.00.16 / Казань, 2004, 23 с.

### References

- [1] Evstratova K.I., Kupina I.A., Malahova E.E. Fizicheskaya himiya. M.: Vysshaya shkola, 1990. 487 p.
- [2] Freundlich Herbert «Über die Adsorption in Lösungen». Zeitschrift für Physikalische Chemie. 57U(1): 385–470. doi:10.1515/zpch-1907-5723

- [3] Buzaeva M. V., Klimov E. S., Kirillov A. I. Fiziko-himicheskie svoystva prirodnyh sorbentov Ul'yanovskoy oblasti // Bash. him. zh.. 2010. №4. pp.37-40
- [4] Modificirovanie prirodnyh mineral'nyh sistem dlya ochistki vody ot radionuklidov / E.P. Klochkov, V.I. Pavlenko, P.V. Matyuhin, A.V. Yastrebinskaya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. №6. pp. 32-35.
- [5] Boriskov D.E., Blinohvatov A.A. Diatomity Penzenskoj oblasti i ih ispol'zovanie v kachestve universal'nyh sorbentov pri ochistke vody dlya nuzhd pishchevoj promyshlennosti // Innovacionnaya tekhnika i tekhnologiya. Penza, Izd-vo «Frolov Dmitrij Ivanovich» 2018. № 1(14), pp. 47-49
- [6] Boriskov D.E., Kuz'min A.A., Komarova N.A., Davydova M.A. Vliyanie tipa modifikacii diatomita na ego sorbcionnuyu sposobnost' // Innovacionnaya tekhnika i tekhnologiya. 2019. № 3 (20). pp. 68–74.
- [7] Klimov, E.S. Prirodnye sorbenty i kompleksy v ochistke stochnyh vod / E. S. Klimov, M.V. Buzaeva. - Ul'yanovsk: UIGTU, 2011. 201 p.
- [8] Kondrashova A. V. Himicheskoe modificirovanie prirodnogo sorbenta // Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal «Koncept». 2014. T. 26. S. 286–290. URL: <http://e-koncept.ru/2014/64358.htm>.
- [9] Fiziko-himicheskie i adsorbicno-strukturnye svoystva diatomita, modificirovannogo soedineniyami alyuminiya /Dacko T.Ya., Zelencov V.I., Dvornikova E.E. // Elektronnyaya obrabotka materialov, 2011, 47(6), pp. 59–68.
- [10] Tarasevich Yu.I. Adsorbciya i adsorbenty -Moskva: Nauka, 1987 – 329 p.
- [11] S. A. Modificirovanie biogennogo kremnezema i puti ego ispol'zovaniya: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata himicheskikh nauk: 03.00.16 / Kazan', 2004, 23 p.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Борисков Дмитрий Евгеньевич</b> кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(903) 323-56-29 <b>E-mail:</b> boriskovde@yandex.ru</p>	<p><b>Boriskov Dmitry Evgenevich</b> PhD in Agricultural Sciences associate professor at the department of «Biotechnology and technosphere safety» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(903) 323-56-29 <b>E-mail:</b> boriskovde@yandex.ru</p>
<p><b>Кузьмин Антон Алексеевич</b> кандидат биологических наук доцент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(927) 399-22-76 <b>E-mail:</b> kuzmin-puh@yandex.ru</p>	<p><b>Kuzmin Anton Alekseevich</b> PhD in Biology associate professor at the department of «Biotechnology and technosphere safety» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 399-22-76 <b>E-mail:</b> kuzmin-puh@yandex.ru</p>
<p><b>Комарова Надежда Алексеевна</b> студент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(996) 961-59-15 <b>E-mail:</b> sss-potr@yandex.ru</p>	<p><b>Komarova Nadezhda Alekseevna</b> student of the department «Biotechnology and technosphere safety» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(996) 961-59-15 <b>E-mail:</b> sss-potr@yandex.ru</p>
<p><b>Давыдова Марина Андреевна</b> студент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(999) 610-68-15 <b>E-mail:</b> marinamarydavid@gmail.com</p>	<p><b>Davydova Marina Andreevna</b> student of the department «Biotechnology and technosphere safety» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(999) 610-68-15 <b>E-mail:</b> marinamarydavid@gmail.com</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 заголовке 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.

*Сервис 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» выбирать 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 vozrozhdeniyu: 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 zhidkosti 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**

**№1 (22)**

**2020**

*Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.*

*Сдано в производство 25.04.2020. Формат 60X84/8*

*Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.*

*Усл. печ. л. 7,56. Тираж 50 экз.*