

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



**ИННОВАЦИОННАЯ
ТЕХНИКА И
ТЕХНОЛОГИЯ**

INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY

№2 (23) 2020

Научно-теоретический и практический журнал

ISSN 2414-9845 (Online)

ISSN 2410-0242 (Print)

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

№ 2 (23) 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, 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., 2020 © ООО НТК «Эврика!», 2020

INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

No. 2 (23) 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, 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., 2020 © ООО НТК «Эврика!», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Тенденции в снижении энергетической ценности мучных кондитерских изделий <i>Гарькина П.К., Горбачева О.Н.</i>	5
Поликомпонентный композит на основе зерна пшеницы и семян кунжута <i>Курочкин А.А., Потапов М.А.</i>	11
Влияние условий и параметров экструзии на свойства экструдатов из кукурузной крупы <i>Фролов Д.И., Кудрина А.Н.</i>	17
Разработка рецептуры хлебобулочных изделий с экструдатом зерна овса для малых предприятий <i>Шабурова Г.В., Шматкова Н.Н.</i>	24

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Совершенствование устройств для массажа вымени нетелей на основе их классификационных признаков <i>Курочкин А.А.</i>	29
Расчет энергетических затрат тонкого измельчения растительных материалов <i>Родионов Ю.Ю., Скоморохова А.И., Родионов Ю.В., Рыбин Г.В., Алексенцев Д.С.</i>	34
Увеличение эффективности работы одношнекового экструдера <i>Фролов Д.И., Потапов М.А.</i>	42

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Тенденции производства пшеницы в России <i>Зимняков В.М.</i>	48
--	----

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей	53
Требования к оформлению статьи	53

CONTENTS

FOOD TECHNOLOGY

Tendencies to reduce the energy value of flour confectionery goods <i>Garkina P.K., Gorbacheva O.N.</i>	5
Multi-component composite based on wheat grain and sesame seeds <i>Kurochkin A.A., Potapov M.A.</i>	11
The influence of extrusion conditions and parameters on the properties of corn grits extrudates <i>Frolov D.I., Kudrina A.N.</i>	17
Development of a recipe for bakery products with extrudate oat grain for small enterprises <i>Shaburova G.V., Shmatkova N.N.</i>	24

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

Improving devices for massaging the udder of heifers based on their classification characteristics <i>Kurochkin A.A.</i>	29
Calculation of energy costs of fine grinding of vegetable materials <i>Rodionov Yu.Yu., Skomorokhova A.I., Rodionov Yu.V., Rybin G.V., Aleksentsev D.S.</i>	34
Increasing the efficiency of a single screw extruder <i>Frolov D.I., Potapov M.A.</i>	42

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

Trends in wheat production in Russia <i>Zimnyakov V.M.</i>	48
--	----

AUTHOR GUIDELINES

<i>The procedure for consideration, approval and rejection of articles</i>	53
<i>Article requirements</i>	53

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 663.479.1

Тенденции в снижении энергетической ценности мучных кондитерских изделий

Гарькина П.К., Горбачева О.Н.

Аннотация. Одним из приоритетных направлений развития производства мучных кондитерских изделий является создание изделий с пониженной энергетической ценностью, адекватных потребностям различных групп населения в химическом составе, энергетической и биологической ценности продукции. К наиболее популярным у населения мучным кондитерским изделиям относят печенье. Однако, высокое содержание в них жира, сахара и низкое, либо полное отсутствие пищевых волокон и витаминов, приводит к нарушению сбалансированности рациона питания по пищевым веществам и калорийности. Анализ научной, патентной и технической литературы свидетельствует о возможности снижения энергетической ценности мучных кондитерских изделий путем замены энергоемких нутриентов или добавлением пектиновых веществ, лигнина, микрокристаллической клетчатки, овощей, фруктов, ягод, отрубей, дробленого зерна, молочных продуктов, муки из обезжиренных и необезжиренных масличных культур и др. Перспективными источниками витаминов, биофлавоноидов, макро- и микроэлементов и пищевых волокон при разработке рецептур мучных кондитерских изделий могут быть плоды и ягоды. При этом важным является использование местных сырьевых ресурсов. Установлено, что в Пензенской области произрастают различные виды черники, клюквы, голубики, боярышника, пригодных для использования в научной медицине и пищевой промышленности. На основе анализа информационных источников обоснован вектор снижения энергетической ценности печенья путем использования технологического потенциала боярышника, как носителя функциональных пищевых ингредиентов, запасы которого составляют в Пензенской области 3,5 т.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, калорийность, плоды, ягоды, боярышник.

Для цитирования: Гарькина П.К., Горбачева О.Н. Тенденции в снижении энергетической ценности мучных кондитерских изделий // Инновационная техника и технология. 2020. № 2 (23). С. 5–10.

Tendencies to reduce the energy value of flour confectionery goods

Garkina P.K., Gorbacheva O.N.

Abstract. One of the priority areas for the development of the production of flour confectionery products is the creation of products with reduced energy value, adequate to the needs of various groups of the population in chemical composition, energy and biological value of products. The most popular among the population flour confectionery products include cookies. However, a high content of fat, sugar, and a low or complete absence of dietary fiber and vitamins leads to an imbalance in the diet by nutrients and calories. The analysis of scientific, patent and technical literature indicates the possibility of reducing the energy value of flour confectionery products by replacing energy-intensive nutrients or adding pectin, lignin, microcrystalline fiber, vegetables, fruits, berries, bran, crushed grain, dairy products, non-fat and non-fat oil flour crops and others. Fruits and berries can be promising sources of vitamins, bioflavonoids, macro- and micronutrients and dietary fiber when developing recipes for flour confectionery products. At the same time, the use of local raw materials is important. It has been established

that various types of blueberries, cranberries, blueberries, hawthorn, suitable for use in scientific medicine and the food industry, grow in the Penza region. Based on the analysis of information sources, the vector of reducing the energy value of cookies by using the technological potential of hawthorn as a carrier of functional food ingredients, the stocks of which in the Penza region is 3.5 tons, is substantiated.

Keywords: flour confectionery, calorie content, fruits, berries, hawthorn.

For citation: Garkina P.K., Gorbacheva O.N. Tendencies to reduce the energy value of flour confectionery goods. *Innovative Machinery and Technology*. 2020. No.2 (23). pp. 5–10. (In Russ.).

Введение

В соответствии с ГОСТ Р 53041-2008 «кондитерское изделие – многокомпонентный пищевой продукт, готовый к употреблению, имеющий определенную заданную форму, полученный в результате технологической обработки основных видов сырья – сахара и (или) муки, и (или) жиров, и (или) какао-продуктов, с добавлением или без добавления пищевых ингредиентов, пищевых добавок и ароматизаторов». Следует отметить, что к основным недостаткам мучных кондитерских изделий относят их высокую энергетическую ценность за счет высокого содержания жира, углеводов, низкого уровня влажности, пищевых волокон, минеральных компонентов и витаминов.

Основополагающим фактором здорового образа жизни является сбалансированное питание. С точки зрения гигиены питания отсутствует обоснование чрезмерного потребления сахара, жиров, яичных продуктов, содержащихся в мучных кондитерских изделиях. Частое потребление разнообразной высококалорийной продукции не способствует реализации сбалансированного питания и его оптимизации. Избыточность калорийности рационов питания на фоне недостаточности двигательных функций, приводит к избыточному весу человека, ожирению, которое, в свою очередь, приводит к нарушению механизмов регуляции обмена веществ и нормальной деятельности основных органов человека – сердца, печени, почек.

Таким образом, высокая энергоёмкость пищевых продуктов, в том числе мучных кондитерских изделий, является фактором, снижающим показатели ценности продукции, а потребление высококалорийных мучных кондитерских изделий является фактором, снижающим качество жизни.

Очевидно, что химический состав, биохимические и функционально-технологические свойства применяемых ингредиентов окажут положительное воздействие на пищевую систему мучных кондитерских изделий, и обусловят получение обогащенной продукции с пониженной энергетической ценностью.

Основным вектором снижения энергетической ценности мучных кондитерских изделий является применение плодов и ягод в рецептурах изделий.

Цель работы – анализ, систематизация и обобщение информационных данных отечественных и зарубежных исследователей о способах понижения энергетической ценности мучных кондитерских изделий путем применения плодово-ягодного сырья.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись научные данные отечественных и зарубежных источников информации. В качестве методов исследования использовали методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

Результаты и их обсуждение

Реализация снижения уровня калорийности мучных кондитерских изделий должна происходить при условии обязательного сохранения или повышения биологической ценности вырабатываемой продукции.

Основными направлениями снижения калорийности мучных кондитерских изделий следует признать замену энергоёмких нутриентов, применение сырья растительного происхождения (овощи, фрукты, ягоды, отруби, дробленое нативное и экструдированное зерно, муки из обезжиренных и не обезжиренных масличных культур) или животного происхождения (сухое молоко, молочная сыворотка, концентрированные молочные продукты).

Основой рационального применения нетрадиционных видов сырья в рецептурах мучных кондитерских изделий является учет особенностей химического состава, а также функционально-технологических свойств, в частности, водопоглощающей, эмульгирующей, жирудерживающей способности, учет влияния используемых ингредиентов на другие ингредиенты рецептуры, а также на свойства теста и показатели качества изделий. Отдельные низкокалорийные добавки обладают сладким вкусом, что позволяет снижать уровень сахара в рецептуре изделий.

Наиболее часто для снижения энергоёмкости изделий применяют плодово-ягодное и плодово-овощное сырье, характеризующееся низкой энергетической ценностью и являющееся источником функциональных пищевых ингредиентов (пищевые

Таблица 1 – Химический состав свежих ягод на 100 г [6, 7]

Наименование показателя	Черника	Голубика	Боярышник	Клюква	Облепиха
Массовая доля влаги, %	86	87,7	72	88,9	83
Массовая доля моносахаридов, %	6	6	14,2	3,6	4,8
Массовая доля белка, %	1,1	1	1,1	0,5	1,2
Массовая доля жира, %	0,6	0,5	1,6	0,2	5,4
Пищевые волокна, %	2,5	2,5	4,3	2,5	2
Пектин, %	0,8	0,5	1,8	1	2
Витамин С, мг%	10	18	43,9	15	200
Бета-каротин, мг%	0	0,04	0,5	0	1500
Токоферолы, мг %	1,4	1,4	2	1	5
Фосфор, мг%	13	8	0	11	9
Калий, мг%	51	51	1320	119	193
Натрий, мг%	6	6	10	1	4
Магний, мг%	6	7	100	15	30
Железо, мг%	0,7	0,8	4	0,6	1,4

волокна, витамины, минеральные вещества, полиненасыщенные жирные кислоты и свободные органические кислоты) [5].

При этом важным является использование местных сырьевых ресурсов. Установлено, что в Пензенской области произрастают различные виды черники, клюквы, голубики, боярышника, облепихи, пригодных для использования в научной медицине и пищевой промышленности. В связи с этим возможно получение функциональных пищевых продуктов при использовании плодово-ягодного сырья, что является одной из приоритетных задач, наиболее значимых для развития производства пищевых продуктов.

В таблице 1 приведен химический состав некоторых видов свежих ягод.

Главная ценность ягод и ягодных порошков заключается в наличии высокого уровня витаминов, минеральных веществ и усваиваемых углеводов – глюкозы, фруктозы, сахарозы.

Порошкообразный ягодный полуфабрикат наиболее удобен для производства, так как обладает высокой пищевой ценностью, стабильностью биохимического состава при хранении, низким процентом дозировки, малым объемом при транспортировке.

Эффективное использование ягодного сырья при производстве мучных кондитерских изделий во многом обусловлено применяемыми методами его подготовки. Рациональным является применение ягодного сырья в виде порошков, что обеспечивает технологичность применения и способствует сохранению функциональных пищевых ингредиентов [8, 9].

Ягодное сырье, в частности, дикорастущие виды, и продукты их переработки являются источником как простых усваиваемых углеводов, таких как моно- и дисахариды; так и сложных неперевариваемых, таких как клетчатка и пектиновые вещества.

При поступлении в организм углеводов, происходит расщепление их до глюкозы, моносахарида, являющимся необходимым источником энергии организма. После превышения содержания количества глюкозы, происходит преобразования ее в гликоген – углеводный резерв организма, который тратится для поддержания работы мышц, органов и систем.

Углеводы являются не только источником энергии человеческого организма, но и необходимым компонентом нуклеиновых кислот и цитоплазмы, а также значимым веществом, участвующим в обмене веществ центральной нервной системы.

Пектиновые вещества, имеют способность связывания и обезвреживания вредных токсических соединений (радиоактивных и тяжелых металлов), попадающих в организм человека.

Пищевые волокна позволяют нормализовать состав микрофлоры кишечника, путем увеличения полезных пробиотических микроорганизмов, уменьшить процесс гниения, подавлением содержания бактерий кишечной палочки, усилить синтез витаминов группы В и фолиевой кислоты.

Соли органических кислот позволяют поддерживать кислотно-щелочной баланс в тканях и жидкостях, за счет способности нейтрализовать кислые продукты, которые образуются при обмене веществ в организме.

Все растения имеют в своем составе дубильные вещества (танин, катехин) – водорастворимые соединения, образующие прочные связи с белками и алкалоидами, имеющие терпкий вкус. Дубильные вещества обладают противовоспалительным, дезинфицирующим и частично сосудосужающим действием, оказывают сильное положительное воздействие при диареях, радиоактивных поражениях, также при профилактике токсического отравления солью тяжелых металлов.

Плодово-ягодное сырье богато биофлавоноидами – природными антиоксидантами, минераль-

ными веществами, являются источниками витаминов

Как уже сказано, для наших исследований важно использование местного ягодного сырья.

Черника произрастает в сосновых лесах Засурского плато и Земетченского района Пензенской области. Химический состав черники включает незаменимые органические кислоты – лимонную, молочную, янтарную, обладающие лечебными свойствами (антисептические, жаропонижающие, потогонные и противоревматические). Янтарная кислота является мощным стимулятором дыхания клеток и тканей, что способствует снижению токсического воздействия лекарственных препаратов, нормализации работы сердца, печени и сосудов и головного мозга. Указанный кислотный состав обуславливает наличие высоких лечебных свойств черники. Черника содержит соли железа, калия, марганца, меди, серы, фосфора, хрома и цинка, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма человека. Витаминный состав черники представлен каротином, витаминами группы В, С и РР, присутствуют дубильные вещества, спирты и эфирное масло [10].

Основной компонент черники – углеводы, на долю которых приходится около 50% от массы сухого вещества, основная доля которого приходится на редуцирующие сахара. Поскольку крахмала в ягодах черники очень мало, очевидно, что замена части пшеничной муки на порошок черники приведет к снижению калорийности продукции.

Голубика является эффективным дегидратантом, стимулятором функции поджелудочной железы. В Пензенской области произрастает в Лунином и Кузнецком районе. Величко Н.А. и Берикашвили З.Н. определено содержание биологически активных веществ в выжимках ягод голубики обыкновенной и разработана рецептура печенья «Голубичка». По мнению авторов, использование ягодного порошка из выжимок голубики привело к повышению пищевой ценности продукта, обогатило биологически активными веществами, придало печенью индивидуальный вкус, решило утилизацию отходов [11].

Установлен широкий спектр биологически активных веществ в боярышнике [12]. В нем присутствуют олеаноловая, катехиновая, хлорогеновая органические кислоты, пектины, сахара, каротиноиды, жирные масла, флавоноиды, холин, дубильные вещества, тритерпеновые и флавоновые гликозиды, витамины К, Е, С, калий (13,10 мг/г), кальций (3,00 мг/г), марганец (1,00 мг/г), железо (0,04 мг/г), маг-

ний (0,04 мг/г) и др. Плоды боярышника содержат флавоноиды – кверцетин, гиперозид, витексин.

Зиновьевой Л. предложена технология сырьевых пряников с порошком боярышника [13].

Клюква – это вечнозелёный кустарник. Несмотря на климат, в Пензенской области произрастает эта ягода. Клюквенные болота расположены близ села Никольское Кузнецкого района и села Ломовка Луниного района. Ягоды клюквы содержат глюкозу, фруктозу, минеральные вещества, витамины (В1, В2, РР, Е, С), пищевые волокна, незаменимые аминокислоты, что повышает ценность клюквы, как носителя функциональных пищевых ингредиентов. Богат и жирнокислотный состав клюквы. Среди высокомолекулярных жирных кислот 37 % линоленовой, 35 % линолевой, 21 % олеиновой, 5 % пальмитиновой, 1,6 % стеариновой. Употребление клюквы способствует улучшению работы сердечно-сосудистой системы, снижению уровня холестерина, препятствует развитию инсульта, инфаркта. Клюкву употребляют в качестве средства против простудных, вирусных заболеваний. Царьковой и Шевелевой предложено заменять пшеничную муку при производстве хлеба на 10 % порошка клюквы, что не ухудшает органолептические и физико-химические показатели, но повышает пористость и улучшает состояние мякиша [14].

Облепиха характеризуется наличием фенольных соединений, органических кислот и других биологически активных веществ. Плоды облепихи являются функциональным, адаптогенным средством, обладающим выраженными антиоксидантными, антистрессовыми, антитромбозными, ранозаживляющими, противоопухолевыми свойствами.

Выводы

Анализ литературных данных позволяет обосновать перспективность использования дикорастущих ягод и продуктов их переработки в технологии мучных кондитерских изделий с пониженной энергетической ценностью, обогащенных минеральными веществами, витаминами, пищевыми волокнами и биофлавоноидами. На основе анализа информационных источников обоснован вектор снижения энергетической ценности сахарного печенья, как наиболее энергоёмкого вида мучных кондитерских изделий, путем использования технологического потенциала боярышника, как носителя функциональных пищевых ингредиентов, произрастающего в Пензенской области и запасы которого составляют более 3,5 т.

Список литературы

- [1] Магомедов Г.О. Получение композитных смесей для кремово-сбивных полуфабрикатов / Г.О. Магомедов, И.В. Плотникова, И.А. Забара, М.И. Перегудова, В.Н. Серебряков// Хлебопродукты. 2013. № 12. С. 42-45.

- [2] Магомедов Г.О. Создание пряников повышенной биологической ценности для спортсменов/Г.О. Магомедов, И.В. Плотникова, Д.С. Писаревский//Хлебопродукты. 2018. № 8. С. 38-41.
- [3] Корячкина С.Я. Обоснование использования кукурузной, рисовой, овсяной, пшеничной, ячменной и тритикалевой муки в производстве бисквитов/ С.Я. Корячкина, Н.М. Белецкая, А.В. Чарочкина // Вестник Белгородского университета потребительской кооперации. 2006. № 4 (20). С. 368-371.
- [4] Перфилова О.В. Новые технологии продуктов для здорового питания населения тамбовской области/ О.В. Перфилова, В.А. Бабушкин//Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 4. С. 51-55.
- [5] Иванова Г.В. Новые виды мучных кондитерских изделий пониженной калорийности/ Г.В. Иванова, О.Я. Кольман// Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология, 2011, № 1. – С. 159-160
- [6] Джабоева А.С. Создание технологий хлебобулочных, мучных кондитерских и кулинарных изделий повышенной пищевой ценности с использованием нетрадиционного растительного сырья экструзии: автореферат дис. ... докт. техн. наук: 05.18.01, 05.18.15/Джабоева Амина Сергеевна. – М., 2009. – 49 с.
- [7] 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.
- [8] Аверьянова, О.А. Производство сушеных припасов из растительного сырья / О.А. Аверьянова // Сб. матер. межд. науч.практич. конф. «Продовольственная индустрия юга России». – Краснодар: КНИИХП, 2000. – С. 78–79.
- [9] Шевцов Д.В. Применение ягодных порошков в производстве кексов / Д.В. Шевцов, Н.А. Лесникова // Материалы XVI Всерос. форума молодых ученых с междунар. участием в рамках IV Евразийского экономического форума молодежи «Конкурентоспособность территорий». – Екатеринбург, 2013. – С. 86.
- [10] Исследование пищевой ценности порошка черники обыкновенной/Типсина Н.Н., Мучкина Е.Я., Струпан Е.А., Коршунова Т.В.//Вестник КрасГАУ. 2010. № 5 (44). С. 158-162.
- [11] Величко, Н.А., Берикашвили З.Н. Выжимки голубики обыкновенной как ингредиент мучных кондитерских изделий // Вестник КрасГАУ. – 2015. – №4. С. 59–62.
- [12] Пащенко В.Л. Плоды боярышника – перспективный ингредиент в технологии производства бисквита / В.Л. Пащенко, Т.Ф. Ильина, Т.И. Ермоленко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 3. – С. 56–57.
- [13] Зиновьева, Л.В. Влияние порошка боярышника на качество сырцовых пряников/ Л. В. Зиновьева// Инновационная техника и технология. – 2016. – № 1. – С. 50-55.
- [14] Царькова А.В., Шевелева Т.Л. Разработка рецептур пшеничного хлеба с добавлением клюквы / А.В. Царькова., Т.Л. Шевелева// В сборнике: Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. Мат. LI Международная студенческая научно-практическая конференция. – Государственный аграрный университет Северного Зауралья. – Тюмень, 2017. – с. 213-215.

References

- [1] Magomedov G.O. Obtaining composite mixtures for cream-whipped semi-finished products /G.O. Magomedov, I.V. Plotnikova, I.A. Zabara, M.I. Peregudova, V.N. Serebryakov // Bakery products. 2013. No. 12. pp. 42-45.
- [2] Magomedov G.O. Creating gingerbread cookies of increased biological value for athletes / G.O. Magomedov, I.V. Plotnikova, D.S. Pisarevsky // Bread products. 2018. No. 8. pp. 38-41.
- [3] Koryachkina S.Ya. The rationale for the use of corn, rice, oat, millet, barley and triticale flour in the production of biscuits / S.Ya. Koryachkina, N.M. Beletskaya, A.V. Charochkina // Bulletin of the Belgorod University of Consumer Cooperatives. 2006. No. 4 (20). pp. 368-371.
- [4] Perfilova OV New technologies of products for healthy nutrition of the population of the Tambov region / O.V. Perfilova, V.A. Grandmother // Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2017. No. 4. pp. 51-55.
- [5] Ivanova G.V. New types of low-calorie flour confectionery / G.V. Ivanova, O.Ya. Colman // University News. Applied Chemistry and Biotechnology, 2011, No. 1. - P. 159-160
- [6] Dzhaboeva, A.S. Creation of technologies of bakery, flour confectionery and culinary products of increased nutritional value using non-traditional plant raw materials of extrusion: abstract of thesis. ... doctor. tech. Sciences: 05.18.01, 05.18.15 / Dzhaboeva Amina Sergeevna. - M., 2009. - 49 p.
- [7] The chemical composition of Russian food products: Handbook / Ed. Corresponding Member MAI, prof. THEM. Skurikhin and academician of RAMS, prof. V.A. Tutellana. - M.: DeLi print, 2002. - 236 p.
- [8] Averyanova, O.A. Production of dried supplies from plant materials / O.A. Averyanova // Sat. Mater. Int. scientific practitioner conf. «Food Industry of the South of Russia.» - Krasnodar: KNIHP, 2000. - P. 78–79.
- [9] Shevtsov, D.V. The use of berry powders in the production of muffins / D.V. Shevtsov, N.A. Lesnikova // Materials of the XVI All-Russian. forum of young scientists from the international. participation in the

framework of the IV Eurasian Economic Youth Forum “Territorial Competitiveness”. - Yekaterinburg, 2013 .- pp. 86.

- [10] A study of the nutritional value of common blueberry powder / Tipsina N.N., Muchkina E.Ya., Strupan EA, Korshunova TV. Vestnik KrasGAU. 2010. No. 5 (44). pp. 158-162.
- [11] Velichko, N.A., Berikashvili Z.N. Squeezes of common blueberry as an ingredient in flour confectionery // Bulletin of the KrasGAU. - 2015. - No. 4. pp. 59–62.
- [12] Pashchenko V.L. Hawthorn fruits - a promising ingredient in biscuit production technology / V.L. Pashchenko, T.F. Ilyina, T.I. Ermolenko // Storage and processing of agricultural raw materials. - 2010. - No. 3. - S. 56–57.
- [13] Zinoviev, L.V. The effect of hawthorn powder on the quality of raw gingerbread / L.V. Zinovieva // Innovative technique and technology. - 2016. - No. 1. - pp. 50-55.
- [14] Tsarkova A.V., Sheveleva T.L. The development of wheat bread recipes with the addition of cranberries / A.V. Tsar’kov., T.L. Sheveleva // In the collection: Actual issues of science and economy: new challenges and solutions. Mat. LI International Student Scientific and Practical Conference. - State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. - Tyumen, 2017 .- p. 213-215.

Сведения об авторах

Information about the authors

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

Поликомпонентный композит на основе зерна пшеницы и семян кунжута*Куручкин А.А., Потапов М.А.*

Аннотация. Применение композитов на основе семян масличных культур позволяет обогащать пищевые продукты высокоценными липидами путем замены части пшеничной муки на экструдированную смесь зерна пшеницы и каких-либо семян масличных растений. При этом упрощается технологический процесс и снижается трудоемкость обработки нативного сырья. Объектом исследования являлась цельнозерновая смесь пшеницы и неизмельченных семян кунжута, которую подвергали экструдированию с помощью одношнекового экструдера ЭК-40. В работе представлены результаты экспериментального обоснования оптимальных значений массовой доли влаги в зерне пшеницы и семенах кунжута, а также содержания семян кунжута в экструдированной смеси. В качестве критерия оптимизации качества экструдата был принят его индекс расширения. В связи с тем, что зона с оптимальными значениями коэффициента взрыва экструдата не позволяет использовать зерно пшеницы с массовой долей влаги 14%, соответствующей по ГОСТ Р 52554-2006 базисным кондициям для этой культуры, можно сделать вывод о том, что для получения поликомпонентного экструдата на основе семян кунжута массовая доля воды в этом ингредиенте должна быть увеличена до 40,0-42,0 % при его содержании в смеси не более 10 %.

Ключевые слова: поликомпонентный композит, зерно пшеницы, семена кунжута, экструдат, эксперимент.

Для цитирования: Куручкин А.А., Потапов М.А. Поликомпонентный композит на основе зерна пшеницы и семян кунжута // Инновационная техника и технология. 2020. № 2 (23). С. 11–16.

Multi-component composite based on wheat grain and sesame seeds*Kurochkin A.A., Potapov M.A.*

Abstract. The use of composites based on oilseeds makes it possible to enrich food products with high-value lipids by replacing part of wheat flour with an extruded mixture of wheat grain and any oilseeds. This simplifies the process and reduces the complexity of processing native raw materials. The object of the study was a whole-grain mixture of wheat and non-ground sesame seeds, which was subjected to extrusion using a single-screw extruder EK-40. The paper presents the results of experimental substantiation of optimal values of the mass fraction of moisture in wheat grain and sesame seeds, as well as the content of sesame seeds in the extruded mixture. As a criterion for optimizing the quality of the extrudate, its expansion index was adopted. Due to the fact that the zone with optimal values of the extrudate explosion coefficient does not allow the use of wheat grain with a mass moisture content of 14%, corresponding to GOST R 52554-2006 basic conditions for this culture, it can be concluded that to obtain a multicomponent extrudate based on sesame seeds, the mass fraction of water in this ingredient must be increased to 40.0-42.0% with its content in the mixture of no more than 10 %.

Keywords: poly-component composite, wheat grain, sesame seeds, extrudate, experiment.

For citation: Kurochkin A.A., Potapov M.A. Multi-component composite based on wheat grain and sesame seeds. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.2 (23). pp. 11–16. (In Russ.).

Введение

Большинство современных технологий пищевых продуктов включают элементы, способствующие выделению и выведению из состава нативного

сырья так называемых «балластных веществ», к числу которых зачастую относят целый ряд весьма ценных ингредиентов.

Например, муку высшего сорта получают путем удаления из продуктов помола зерна пшеницы

ту его часть, в которой содержатся биологически активные компоненты, диетическая клетчатка, витамины группы В и минеральные вещества.

В растительном масле в процессе его рафинирования существенно снижается концентрации биологически активных веществ и других ценных ингредиентов.

Таким образом, с целью увеличения сроков хранения, а также улучшения внешнего вида пищевого сырья и готовых продуктов, их состав зачастую существенно обедняется, что приводит к дефициту в рационе людей незаменимых пищевых ингредиентов.

Применение продуктов переработки семян масличных культур при производстве пищевых продуктов считается одним из действенных способов устранения дефицита незаменимых пищевых ингредиентов, а также снижения воздействия чужеродных для человеческого организма химических веществ, естественно не входящих в биотический круговорот (ксенобиотиков) [4].

В многочисленных работах, выполненных в последние годы, показано, что в качестве основы для таких продуктов переработки, применяемых в виде поликомпонентных композитов, может быть использовано растительное сырье с высоким содержанием липидов, белков и клетчатки (семена льна, расторопши пятнистой, тыквы, кунжута и др.) [1, 3, 9, 10].

Семена кунжута являются хорошим источником липидов, углеводов, а также полноценного белка. Причем эти нутриенты в семенах очень хорошо сбалансированы. Калорийность семян составляет в среднем 570 ккал. Химический состав и пищевая

ценность семян кунжута приведены в табл. 1. Здесь же представлена рекомендуемая суточная доза тех или иных ингредиентов, рассчитанная на основании требований маркировки GDA (Guideline Daily Amount) [11].

В современных технологиях продуктов питания в качестве пищевой добавки функционального назначения семена кунжута применяются в виде муки, масла, шрота, а также в нативном виде.

Анализ ряда выполненных к настоящему времени работ, показывает высокую эффективность внесения кунжутной муки в рецептуры различных пищевых продуктов.

Например, замещение в рецептуре пшенично-ржаного хлеба «Славянский» 10% пшеничной муки второго сорта на аналогичное количество муки из семян кунжута способствовало увеличению содержания в хлебе жира в 5,7 раза и белка на 48%. При этом содержание в 100 г продукта магния повысилось в 2,8 раза, фосфора – 1,7, меди – в 2,5, цинка – в 2,2 раза. Содержание марганца возросло на 30, а железа – на 24%. Немаловажно, что все эти изменения протекали на фоне снижения глютенной нагрузки на организм человека. При этом органолептические свойства полученной продукции остались на уровне контрольного образца [9].

Аналогичные результаты получены в другой работе, где была подтверждена целесообразность использования кунжутной муки в технологии булочных изделий в количестве, не превышающем 10 % взамен пшеничной муки [4].

Основным недостатком технологий пищевых продуктов, в которых применяются семена кунжута, является высокая трудоемкость получения муки

Таблица 1 – Химический состав и пищевая ценность семян кунжута, на 100 г съедобной части

Показатели	Семена кунжута сырые	Рекомендуемая суточная доза согласно GDA, %
Белки, г	18	35,5
Жиры, г	50	71
из них насыщенных	7	34,8
Углеводы (включая клетчатку), г	23	8,7
из них сахара	0,3	0,3
клетчатка	12	47,2
<i>Макроэлементы, незаменимые</i>		
Кальций, мг	975	122
Магний, мг	351	94
Фосфор, мг	629	90
Калий, мг	468	23
Натрий, мг	11	1
<i>Микроэлементы, незаменимые</i>		
Медь, мкг	4,1	408
Марганец, мг	2,5	123
Железо, мг	15	104
Селен, мкг	34	63
Цинк, мг	7,8	78
Йод, мкг	10	7



Рис. 1. Общий вид экструдера ЭК-40

и невозможность ее даже кратковременного хранения без существенного ущерба для качества.

Учитывая опыт применения экструдата семян тывкы и расторопши при получении пищевых добавок функционального назначения, можно сделать предположение, что разработка пищевого композита функционального назначения на основе семян кунжута представляется весьма актуальной. Однако реализация этой научной идеи сталкивается с технологическим противоречием – растительное сырье с относительно высоким содержанием липидов и клетчатки в нативном виде экструдировать невозможно [1, 2, 7].

Работы, выполненные авторами, показывают, что получить функциональный композит хорошего качества на основе такого сырья можно лишь путем его совместного экструдирования с высококрахмалистым компонентом, например с зерном пшеницы. При этом установлено, что в экструдатах с влажностью 10-14 % в обычных условиях сохраняются почти все полезные для человека свойства сырья, из которого они произведены [5, 6].

Ранее авторами была предложена технология получения поликомпонентного композита на основе семян кунжута с помощью модернизированного экструдера с вакуумной камерой [8]. При этом экструдирование семян кунжута с пониженной влажностью в данной работе не рассматривалось. Между тем влажность семян кунжута по нормативным документам должна составлять 9 %, а спецификация данного сырья, получаемого из Индии, предусматривает содержание в нем влаги не более 4,5 %.

Цель работы – экспериментальное обоснование технологии получения поликомпонентного

композита на основе зерна пшеницы и семян кунжута с помощью экструдера с малой производительностью, применяемого в лабораторных условиях.

Объекты и методы исследования

Экспериментальные исследования были реализованы с помощью одношнекового пресс-экструдера ЭК-40 производства ВЦПО «Фавор» (г. Волгоград), общий вид которого приведен на рис. 1.

Объект исследования – смесь неизмельченных зерен пшеницы и семян кунжута, которую подвергали экструдированию в течение 10-15 с при температуре 120-140 °С.

В процессе реализации эксперимента применялась матрица экструдера с диаметром отверстия, равным 4 мм. Остальные пять отверстий матрицы (штатная комплектация экструдера) были заглушены. Для реализации эксперимента были выбраны следующие управляемые факторы: содержание семян кунжута в экструдруемой смеси (%) – X1, массовая доля влаги в зерне пшеницы – X2 (%), массовая доля влаги в семенах кунжута – X3 (%).

В качестве критерия оптимизации полученного экструдата был выбран коэффициент взрыва экструдата (индекс расширения) – Y (безразмерная величина). Эксперимент проводился в трехкратной повторности. В табл. 2 приведены матрица планирования и результаты эксперимента.

Результаты и их обсуждение

Для изучения свойств поверхности отклика в окрестностях оптимума выполнено каноническое

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Планир. план	2**(3) центр. комп. план, nc=8 ns=6 n0=2 Опыт=16 ([Нет активного набора данных])			
	X1	X2	X3	Y
1	5	14	4,5	1,8
2	5	14	13,5	1,9
3	5	22	4,5	2,7
4	5	22	13,5	2,8
5	10	14	4,5	1,6
6	10	14	13,5	1,7
7	10	22	4,5	2,5
8	10	22	13,5	2,6
9	3,296	18	9	2,4
10	11,704	18	9	2,3
11	7,5	11,273	9	1,1
12	7,5	24,727	9	2,6
13	7,5	18	1,432	1,3
14	7,5	18	16,568	2,8
15 (C)	7,5	18	9	2,2
16 (C)	7,5	18	9	2,2

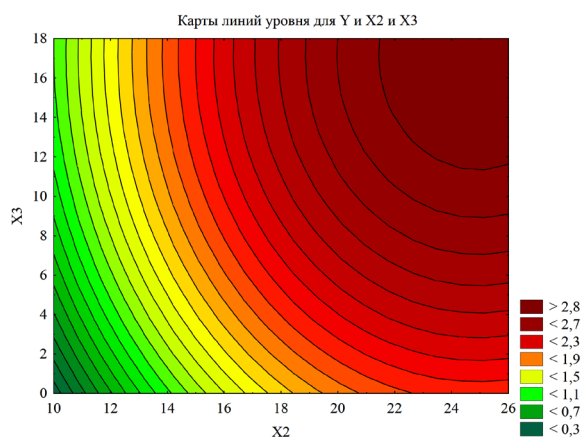


Рис. 2. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость коэффициента взрыва от массовой доли влаги в зерне пшеницы (X2) и семенах кунжута (X3)

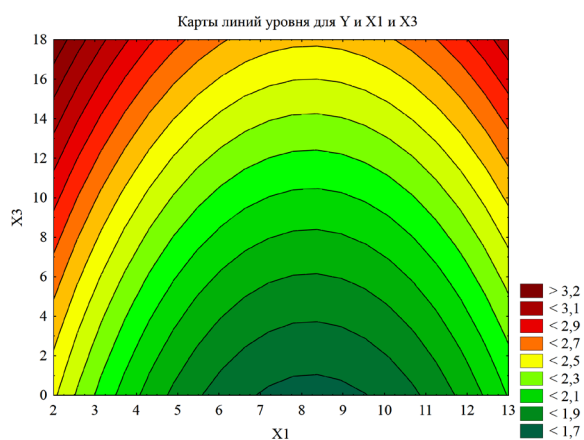


Рис. 3. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость коэффициента взрыва от содержания семян кунжута (X1) и массовой доли влаги в нем (X3)

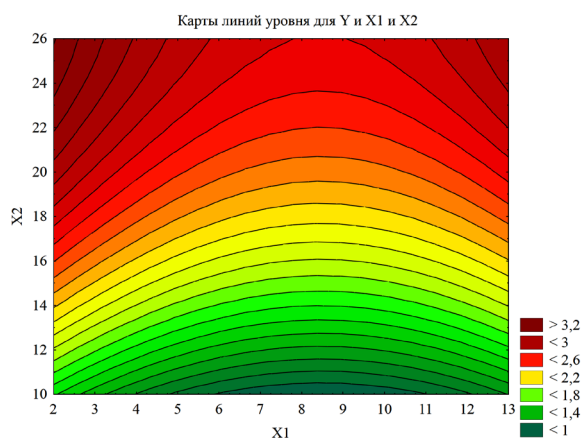


Рис. 4. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость коэффициента взрыва от содержания семян кунжута (X1) и массовой доли влаги в зерне пшеницы (X2)

преобразование полученной математической модели. Анализ поверхности отклика проводили с помощью двумерных сечений.

Графическая интерпретация зависимости коэффициента взрыва от массовой доли влаги в зерне

пшеницы (X2) и семенах кунжута (X3) представлена на рис. 2 (цифры показывают численные значения коэффициента взрыва экструдата в рассматриваемых областях поверхности отклика). Как видно из рисунка, область с относительно высокими значениями коэффициента взрыва получаемого экструдата находится для первого фактора в интервале 18-26%, для массовой доли влаги в семенах кунжута – 6-18%. При этом эксперимент показал, при содержании в экструдированной смеси семян кунжута свыше 10 % коэффициент взрыва ограничивается величиной 2,0 и меньше. Увеличение содержания в экструдате семян кунжута до 25 % приводит к прекращению вспучивания смеси на выходе из экструдера, т.е. коэффициент взрыва равен 1.

Зависимости коэффициента взрыва от содержания семян кунжута (X1) и массовой доли влаги в нем (X3) в графическом виде показана на рис. 3. Ее анализ позволяет сделать вывод о том, что приемлемые значения коэффициента взрыва могут быть получены в том случае, если с увеличением доли семян кунжута в экструдированной смеси увеличивать содержание массовой влаги в семенах.

Анализ двумерного сечения поверхности отклика, приведенного на рис. 4, показывает, что коэффициент взрыва экструдата существенно увеличивается при повышении влажности обрабатываемого сырья и имеет значение, близкое к максимальному, полученному в эксперименте (2,8) при влажности зерна пшеницы 20,0-24,0 % и содержании в экструдированной смеси семян кунжута до 10 %.

Результаты экспериментальных исследований показывают весьма важную в практическом плане закономерность: с уменьшением массовой доли влаги в семенах кунжута, процесс экструдирования смеси ухудшается, и соответственно коэффициент взрыва получаемого экструдата уменьшается.

В связи с тем, что зона с оптимальными значениями коэффициента взрыва экструдата не позволяет использовать зерно пшеницы с массовой долей влаги 14%, соответствующей по ГОСТ Р 52554-2006 базисным кондициям для этой культуры, можно сделать вывод о том, что для получения поликомпонентного экструдата на основе семян кунжута массовая доля воды в этом ингредиенте должна быть увеличена до 40,0-42,0 % при его содержании в смеси не более 10 %.

Выводы

Приемлемое (с позиции коэффициента взрыва) содержание воды в экструдированной смеси зерна пшеницы и семян кунжута должно быть в пределах 20-24 %. С этой целью при наличии ингредиентов с базисной массовой долей влаги предпочтительней повышать массовую долю влаги в семенах кунжута, чем в зерне пшеницы. При этом количество добавляемой в семена кунжута воды должно обеспечить их влажность в интервале 40,0-42,0 %.

Список литературы

- [1] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [2] Зимняков, В.М. 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.
- [3] Егорова, Е.Ю. Разработка рецептур сухих смесей из амарантовой и кунжутной муки для изготовления безглютеновых оладий /Е.Ю. Егорова, Л.А. Козубаева //Хлебопродукты. – 2018. – №2. – С. 40-42.
- [4] Кузьмина, С.С. Использование кунжутной муки в технологии булочных изделий /С.С. Кузьмина // Ползуновский вестник. – 2019. – № 4. – С. 12-16.
- [5] Курочкин, А.А. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой /А.А. Курочкин, Д.И. Фролов //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 76–81.
- [6] Курочкин, А.А. Функциональный композит на основе экструдированной смеси пшеницы и семян тыквы /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина //Инновационная техника и технология. – 2015. – № 2 (03). – С. 5–11.
- [7] 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.
- [8] Курочкин, А. А. Технология получения поликомпонентного композита на основе семян кунжута / А.А. Курочкин, А.В. Чушкина, М.К. Бралиев //Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию юбилею А.Н. Кшникаткиной, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного работника сельского хозяйства РФ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – С. 18-20.
- [9] Наумова, Н.Л. Применение кунжутной муки в рецептуре хлеба «Славянский» /Н.Л. Наумова, О.М. Бурмистрова, Е.А. Бурмистров, Т.В. Савостина, Э.А. Черниязова //Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №3. – С. 95-102.
- [10] Пашенко, Л.П. Семена кунжута – натуральный обогатитель хлебобулочных продуктов пониженной влажности /Л.П. Пашенко, С.Н. Остробородова, В.Л. Пашенко // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 6. – С. 45–46.
- [11] Кунжут, сырой, неочищенный (семена кунжута, цельные) <https://www.diet-health.info/ru/recipes/ingredients/in/to3889-kunzut-syroj-neocisennyj-semena-kunzuta-celnye> (дата обращения 6.05.2020 г).

References

- [1] Innovations in extrusion /A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, A. A. Blinokhvatov [et al.] Penza: RIO PGU, 2018. – 247 p.
- [2] Zimnyakov, V. M. Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov //Niva Of The Volga Region. – 2017. – № 4 (45). – P. 157-163.
- [3] Egorova, E. Yu. Development of recipes for dry mixes from amaranth and sesame flour for making gluten-free pancakes /E. Yu. Egorova, L. A. Kozubayeva // Bread Products. – 2018. – No.2. – P. 40-42.
- [4] Kuzmina, S. S. The Use of sesame flour in the technology of bakery products /S. S. Kuzmina //Polzunovsky Vestnik. – 2019. – No. 4. – P. 12-16.
- [5] Kurochkin, A. A. Poly-Component extrudate based on wheat grain and milk Thistle seeds /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov //Proceedings of the Samara state agricultural Academy, 2015. – No. 4. – P. 76-81.
- [6] Kurochkin, A. A. Functional composite based on an extruded mixture of wheat and pumpkin seeds /A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina //Innovative equipment and technology. – 2015. – No. 2 (03). – P. 5-11.
- [7] Kurochkin, A. A. Extrudates from vegetable raw materials with increased content of lipids and dietary fibers / A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, G. V. Shaburova, D. I. Frolov //Technique and technology of food production. – 2016. – Vol. 42, No. 3. – P. 104-111.
- [8] Kurochkin, A. A. Technology for obtaining a polycomponent composite based on sesame seeds /A. A. Kurochkin, A.V. Chushkina, M. K. Braliev //Innovative technologies in agriculture: theory and practice: collection of articles of the VIII International scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of A. N. Kshnikatkina, doctor of agricultural Sciences, Professor, Honored worker of agriculture of the Russian Federation. – Penza: RIO PGAU, 2020. – P. 18-20.

- [9] Naumova, N. L. Application of sesame flour in the recipe of bread «Slavic» /N. L. Naumova, O. M. Burmistrova, E. A. Burmistrov, T. V. Savostina, E. A. Cherniyazova //Far Eastern agrarian Bulletin, 2018. No. 3. – P. 95-102.
- [10] Paschenko, L. P. Sesame Seeds-natural fortifier of low-humidity bakery products /L. P. Paschenko, S. N. Ostrobodova, V. L. Paschenko // Modern science-intensive technologies, 2006. – No. 6. – P. 45-46.
- [11] Sesame, raw, unrefined (sesame seeds, whole) <https://www.diet-health.info/ru/recipes/ingredients/in/to3889-kunzut-syroj-neocisennyj-semena-kunzuta-celnye> (accessed 6.05.2020).

Сведения об авторах

Information about the authors

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

Влияние условий и параметров экструзии на свойства экструдатов из кукурузной крупы

Фролов Д.И., Кудрина А.Н.

Аннотация. В статье исследовано влияние конфигурации шнека (4:1 и 1:1), содержания влаги (15% и 20%) и размера частиц кукурузной крупы (> 500 мкм и < 500 мкм) на свойства экструдатов. Образцы были экструдированы в лабораторном одношнековом экструдере, при температурном режиме 135/170 °С, с использованием фильеры матрицы диаметром 4 мм. Были определены физические и реологические свойства, переваримость и повреждение крахмала полученных экструдатов, далее результаты были сопоставлены с контрольными образцами неэкструдированной кукурузной крупы. Более низкое содержание влаги и использование шнека со степенью сжатия 4:1 увеличивают степень расширения и разрушаемость, но уменьшают объемную плотность и твердость экструдатов независимо от зернистости. После процесса экструзии индекс водопоглощения увеличился, но пиковая, горячая и холодная вязкость всех образцов уменьшилась, с более выраженным эффектом в крупе, экструдированной с более низким содержанием влаги и с шнеком 4:1. Экструзия вызывала уменьшение содержания устойчивого крахмала и увеличение повреждения крахмала во всех образцах.

Ключевые слова: кукурузная крупа, экструзия, конфигурация шнека, размер частиц, влажность.

Для цитирования: Фролов Д.И., Кудрина А.Н. Влияние условий и параметров экструзии на свойства экструдатов из кукурузной крупы // Инновационная техника и технология. 2020. № 2 (23). С. 17–23.

The influence of extrusion conditions and parameters on the properties of corn grits extrudates

Frolov D.I., Kudrina A.N.

Abstract. The article investigated the influence of screw configuration (4:1 and 1:1), moisture content (15% and 20%) and particle size of corn grits (> 500 μm and < 500 μm) on the properties of extrudates. Samples were extruded in a laboratory single screw extruder, at a temperature of 135/170 °C, using a die of a matrix with a diameter of 4 mm. The physical and rheological properties, digestibility and starch damage of the obtained extrudates were determined, then the results were compared with control samples of non-extruded corn grits. Lower moisture content and the use of a screw with a compression ratio of 4: 1 increase the degree of expansion and destructibility, but reduce the bulk density and hardness of the extrudates, regardless of grain size. After the extrusion process, the water absorption index increased, but the peak, hot and cold viscosity of all samples decreased, with a more pronounced effect in cereals extruded with a lower moisture content and with a 4:1 screw. Extrusion caused a decrease in the content of resistant starch and an increase in starch damage in all samples.

Keywords: corn grits, extrusion, screw configuration, particle size, moisture.

For citation: Frolov D.I., Kudrina A.N. The influence of extrusion conditions and parameters on the properties of corn grits extrudates. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.2 (23). pp. 17–23. (In Russ.).

Введение

Экструзия в приготовлении злаков является очень важным процессом в пищевой промышленности, поскольку она касается широкого спектра

продуктов, таких как закуски, детское питание, хлопья для завтрака, лапша, макаронные изделия и смеси на основе злаков [16]. Экструдеры минимизируют эксплуатационные расходы и высокую производительность, сочетая энергоэффективность

и универсальность [8, 22, 23, 21, 20, 11, 24]. Кукурузная мука является основным ингредиентом для экструдированных продуктов, таких как готовые к употреблению сухие завтраки и закуски. Влияние различных переменных процесса (влажность, размер частиц, конфигурация шнека) на экструзионные свойства кукурузной крупы и других видов муки были тщательно изучены [1, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 14]. Образцы, приготовленные и экструдированные с наименьшим содержанием влаги, имеют наибольший индекс поглощения и расширения воды. Некоторые ученые исследовали влияние конфигурации шнека на свойства экструдатов ячменя и сообщили, что жесткая конфигурация шнека дает более расширенный продукт с низкой объемной плотностью, чем у конфигурации среднего шнека [1, 19]. Фракции с меньшим размером частиц проявляют повышенную растворимость и значительно более высокую вязкость [13]. Повышенная температура цилиндра, пониженное содержание влаги в сырье и более высокая скорость шнека показали значительно более высокое радиальное расширение, уменьшенную насыпную плотность и меньшее сопротивление сжатию экструдатов. Экструдаты, полученные из кукурузной муки с более крупными размерами частиц, расширились больше, чем экструдаты, полученные с меньшими размерами частиц, и что увеличение размера частиц кукурузной муки уменьшило значения индекса водопоглощения [3].

Целью данного исследования было определение влияния конфигурации шнека (4: 1 и 1: 1), содержания влаги (15% и 20%) и размера частиц кукурузной крупы (>500 мкм и <500 мкм) на свойства экструдатов - физические и реологические свойства, усвояемость и повреждение крахмала.

Объекты и методы исследования

Кукурузная крупа, использованная в этом исследовании, с разным размером частиц (> 500 мкм и <500 мкм), была получена на электрической мельнице. Размер частиц крупы определяли путем просеивания круп через ряд сит.

Содержание влаги в кукурузной крупе было установлено на уровне 15% и 20%, а затем образцы были экструдированы в лабораторном одношнековом экструдере. Параметры экструзии были следующими: шнек: 4:1 и 1:1; матрица: 4 мм; температурный режим: 135/170 °С. Полученные экструдаты сушили на воздухе при температуре окружающей среды до достижения содержания влаги 90%.

Коэффициент расширения (В) был рассчитан следующим образом:

$$B = \frac{\text{диаметр экструдата (мм)}}{\text{диаметр матрицы (мм)}} \quad (1)$$

Насыпная плотность (D) экструдатов рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{\text{масса экструдата (г)}}{\text{объем экструдата (см}^3\text{)}}(2)$$

Анализ текстуры проводили на анализаторе текстур ТА.ХТ. Свойства пастообразных экструдатов (10% масс., 100 г общей массы) измеряли с использованием микро-вискозоанализатора в соответствии со стандартным способом. Суспензии муки нагревали при 7,5 °С/мин от 32 до 92 °С, выдерживали при 92 °С в течение 10 мин, охлаждали со скоростью 7,5 °С/мин до 50 °С и выдерживали при 50 °С в течение 1 мин.

Повреждение крахмала определяли по ГОСТ ISO 17715-2015, а содержание устойчивого крахмала по ГОСТ Р 54014-2010.

Экспериментальные данные были проанализированы с помощью дисперсионного анализа. Все статистические анализы были выполнены с использованием программного обеспечения STATISTICA.

Результаты и их обсуждение

Влияние конфигурации шнека, влажности и размера частиц кукурузной крупы на свойства экструдатов показано на рис. 1. Экструдаты, приготовленные с более низким содержанием влаги и с конфигурацией шнека 4:1, были более расширенными, независимо от зернистости кукурузной крупы. Эти результаты согласуются с другими исследованиями [1, 13]. Индекс расширения поперечного сечения увеличивался с уменьшением скорости испарения воды и / или повышением температуры в цилиндре. Экструдаты, полученные из кукурузной муки с более крупными размерами частиц, расширяются больше, чем экструдаты, полученные с более мелкими размерами частиц [3].

Насыпная плотность (D) экструдатов была выше, когда образцы были экструдированы при более высоком содержании влаги и с использованием конфигурации шнека 1:1 (рис. 2). Результаты,

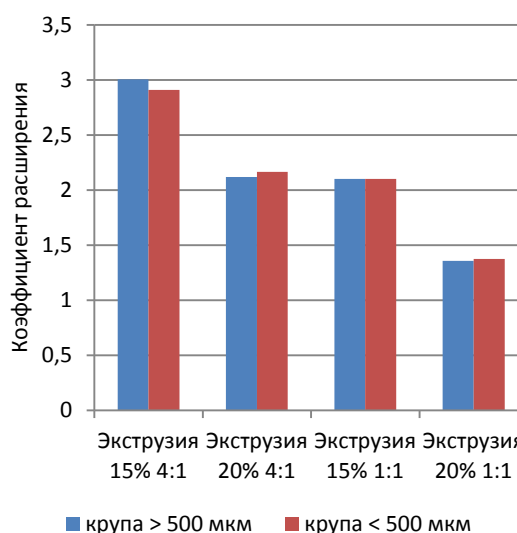


Рис. 1. Коэффициент расширения экструдатов кукурузной крупы

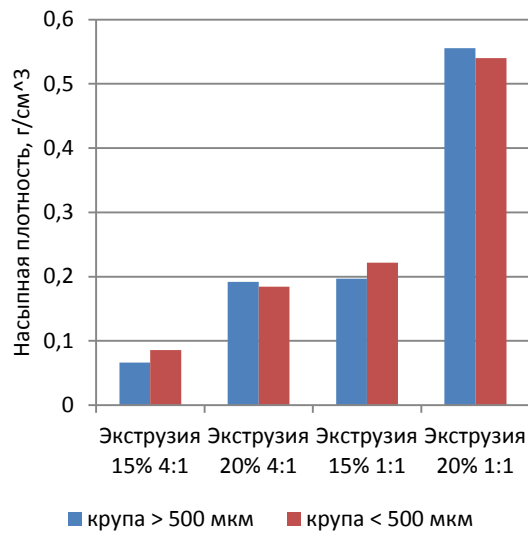


Рис. 2. Насыпная плотность экструдатов кукурузной крупы

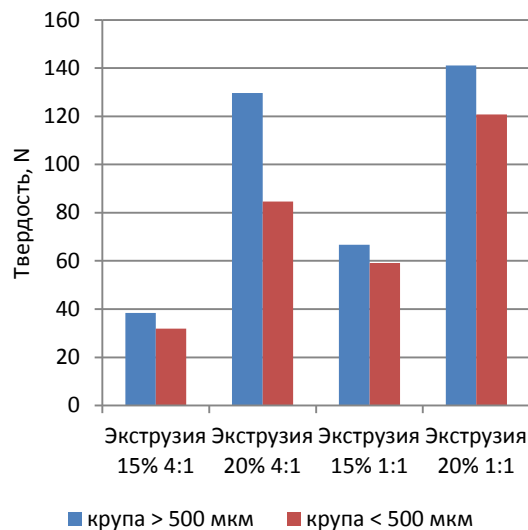


Рис. 3. Твердость экструдатов кукурузной крупы

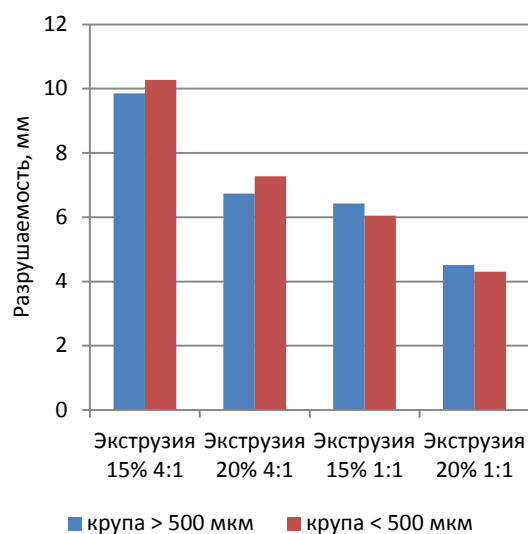


Рис. 4. Разрушаемость экструдатов кукурузной крупы

полученные при измерении объемной плотности, соответствуют результатам измерений степени расширения, то есть экструдаты с более низкими значениями диаметра и степени расширения имели более высокую насыпную плотность. Самое низкое значение объемной плотности было получено, когда мука была экструдирована при более низком содержании влаги и более высоких температурах, тогда как самое высокое значение было получено при более высоком содержании влаги и более низких температурах [9]. Другие исследования также показывают ту же тенденцию, где делается вывод, что увеличение содержания влаги увеличивает насыпную плотность экструдатов [7], что подтверждает результаты, полученные в этом исследовании.

Текстурные свойства экструдатов сильно зависят от степени расширения [2]. Это согласуется с данным исследованием, поскольку экструдаты с более низкой степенью расширения имели более высокую твердость и более низкую разрушаемость (рис. 3, рис. 4). Экструдаты, экструдированные при более высоком содержании влаги и с использованием шнека 1:1, имели более высокую твердость и более низкую разрушаемость, независимо от зернистости кукурузной крупы. Многие исследования показали, что наибольшее влияние на текстуру экструдатов оказывает содержание влаги, но другие параметры (температура, конфигурация шнека, скорость шнека) очень важны и были предметом многих работ [12, 15, 18].

Значения индекса водопоглощения всех экструдированных образцов были значительно выше по сравнению с неэкструдированной кукурузной крупой, и более высокие значения были у более расширенных экструдатов (рис. 5). Увеличение содержания влаги приводит к экструдатам с более низкими значениями индекса водопоглощения. Увеличение размера частиц кукурузной муки снижало значения индекса водопоглощения [3]. Экструзия вызывает увеличение показателя водопоглощения.

В Таблице 1 показаны свойства склеивания неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупы. Экструзия привела к снижению пиковой, горячей и холодной вязкости всех образцов. Уменьшение пиковой вязкости коррелирует с влиянием экструзии на более высокую деградацию и желатинизацию крахмала [9]. Пиковая вязкость была ниже при более высоком содержании влаги при экструзии с использованием шнека 4:1, но, с другой стороны, при экструзии с использованием шнека 1:1 пиковая вязкость была ниже при более низком содержании влаги. Начальная вязкость пасты возрастала с увеличением влажности сырья и температуры экструзии, в то время как максимальная вязкость (при постоянной температуре) уменьшалась с увеличением температуры. Пиковая вязкость кукурузной крупы с более крупным размером частиц была ниже в неэкструдированных образцах, но выше во всех экструдированных образцах. После нагревания и перемешивания до 92 °С вязкость всех образ-

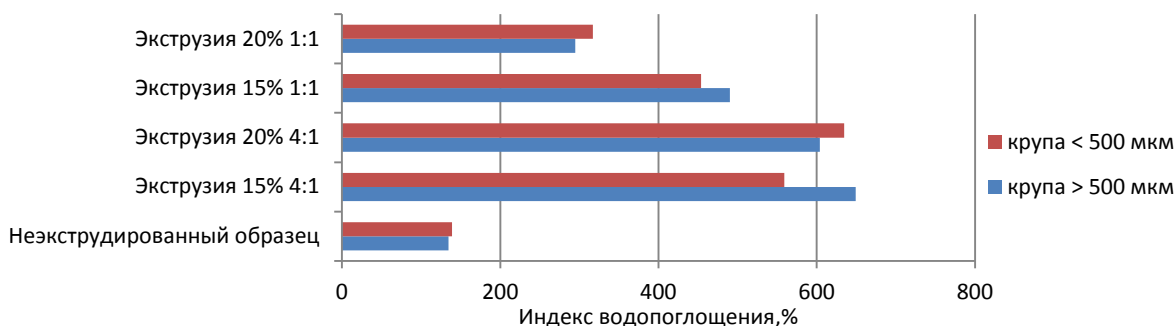


Рис. 5. Индекс водопоглощения неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупы

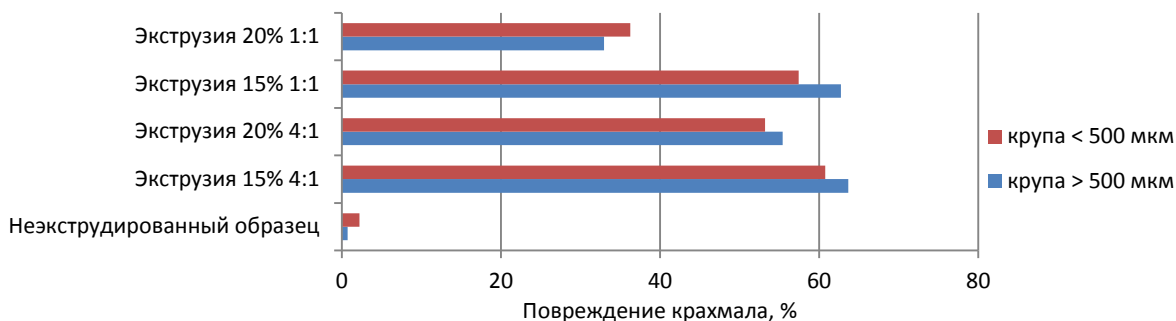


Рис. 6. Повреждение крахмала неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупы

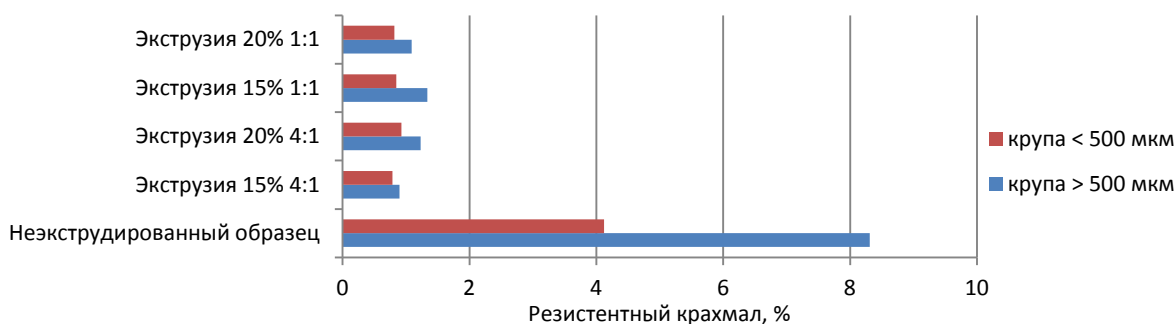


Рис. 7. Содержание резистентного крахмала в неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупе

Таблица 1 – Склеивающие свойства неэкструдированной и экструдированной кукурузной крупы

Образец	Пиковая вязкость, ед. Бр.	Вязкость при 92 °С, ед. Бр.	После смешивания при 92 °С, ед. Бр.	Вязкость при 50 °С, ед. Бр.
Неэкструдированные образцы				
Кукурузная крупа > 500 мкм	484,5	112	477,5	809
Кукурузная крупа <500 мкм	502	342	476	877
Экструзия 15% 4: 1				
Кукурузная крупа > 500 мкм	253	154	153	242
Кукурузная крупа <500 мкм	230	141	137	209
Экструзия 20% 4: 1				
Кукурузная крупа > 500 мкм	212	191	185	294
Кукурузная крупа <500 мкм	181	155	165	279
Экструзия 15% 1:1				
Кукурузная крупа > 500 мкм	130	107	117	173
Кукурузная крупа <500 мкм	128	89	91	145
Экструзия 20% 1:1				
Кукурузная крупа > 500 мкм	255	213	255	474
Кукурузная крупа <500 мкм	250	233	246	444

цов уменьшалась, а затем после охлаждения при 50 °С вязкость всех отмеченных образцов увеличивалась в результате ретроградации крахмала при охлаждении. Значения вязкости неэкструдированных образцов при 50 °С были выше в отношении всех экструдированных образцов. Процесс экструзии частично повреждает гранулы крахмала, поэтому полученные гели из экструдированных продуктов имеют более низкую вязкость, чем исходная крупа.

Повреждение крахмала значительно увеличилось, а содержание резистентного крахмала уменьшилось после экструзии всех образцов (рис. 6, рис. 7). Содержание резистентного крахмала было выше, до и после экструзии, в кукурузной крупе с более крупным размером частиц.

Выводы

Экструдаты, приготовленные с более низким содержанием влаги и со шнековой конфигурацией 4:1, были более расширенными, независимо от зернистости кукурузной крупы. Результаты для насып-

ной плотности и текстурных свойств соответствуют результатам измерений степени расширения, то есть экструдаты с более низкими значениями диаметра и степени расширения имели более высокую насыпную плотность и твердость и более низкую разрушаемость. Значения индекса водопоглощения всех экструдированных образцов были значительно выше по сравнению с неэкструдированной кукурузной крупой. Экструзия привела к снижению пиковой, горячей и холодной вязкости всех образцов. Повреждение крахмала значительно увеличилось, а содержание резистентного крахмала уменьшилось после экструзии.

Результаты, полученные в этом исследовании, показывают, что шнек со степенью сжатия 4:1 и кукурузная крупа с более крупным размером частиц и с более низким содержанием влаги приводят к продуктам с лучшими физическими свойствами.

Список литературы

- [1] Altan, A., McCarthy, K.L., Maskan, M. (2009): Effect of screw configuration and raw material on some properties of barley extrudates. *Journal of Food Engineering* 92, 377–382.
- [2] Anton, A.A., Fulcher, R.G., Arntfield, S.D. (2009): Physical and nutritional impact of fortification of cornstarch based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chem.* 113, 989-996.
- [3] Carvalho, C.W.P., Takeiti, C.Y., Onwulata, C.I., Pordesimo, L.O. (2010): Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: Effect of particle size on the extrusion of corn meal. *Journal of Food Engineering* 98, 103–109.
- [4] Chuang, G.C.C., Yeh, A. (2004): Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. *Journal of Food Engineering* 63, 21–31.
- [5] Curic, D., Novotni, D., Bauman, I., Kricka, T., Dugum, J. (2009): Optimization of extrusion cooking of cornmeal as raw material for bakery products. *Journal of Food Engineering* 32, 294-317.
- [6] Delgado-Licon, E., Martinez Ayala, A.L., Rocha-Guzman, N.E., Gallegos-Infante, J.A., Atienzo-Lazos, M., Drzewicki, J., Martínez-Sánchez, C.E., Gorinstein, S. (2009): Influence of extrusion on the bioactive compounds and the antioxidant capacity of the bean/corn mixtures. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 60 (6), 522-532.
- [7] Ding, Q.B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., Marson, H. (2006): The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering* 73, 142–148.
- [8] Ficarella, A., Milanese, M., Laforgia, D. (2004): Numerical study of extrusion process in cereals production: Part I. Fluid-dynamic analysis of extrusion system 73, 103-111.
- [9] Hagenimana, A., Ding, X., Fang, T. (2006): Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science* 43 (1), 38-46.
- [10] Hood-Niefer, S.D., Tyler, R.T. (2010): Effect of protein, moisture content and barrel temperature on the physicochemical characteristics of pea flour extrudates. *Food Research International* 43, 659–663. Kebede, L., Worku, S., Bultosa, G., Yetneberek, S. (2010): Effect of extrusion operating conditions on the physical and sensory properties of tef (*Eragrostis tef*
- [11] Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // *Volga Region Farmland*. 2019. № 2 (2). P. 87–94.
- [12] Lazou, A., Krokida, M. (2010): Structural and textural characterization of corn–lentil extruded snacks. *Journal of Food Engineering* 100, 392–408.
- [13] Onwulata, C.I., Konstance, R.P. (2006): Extruded corn meal and whey protein concentrate: Effect of particle size. *Journal of Food Processing and Preservation* 30, 475–487.

- [14] Qi, P.X., Onwulata, C.I. (2011): Physical properties, molecular structures, and protein quality of texturized whey protein isolate: Effect of extrusion moisture content. *Journal of Dairy Science* 94 (5), 2231- 2244.
- [15] Saeleaw, M., Dürschmid, K., Schleinig, G. (2012): The effect of extrusion conditions on mechanical-sound and sensory evaluation of rye expanded snack. *Journal of Food Engineering* 110, 532–540.
- [16] Semaska, C., Kong, X., Hua, Y. (2010): Optimization of Extrusion on Blend Flour Composed of Corn, Millet and Soybean. *Pakistan Journal of Nutrition* 9 (3), 291-297.
- [17] Thymi, S., Krokida, M.K., Pappa, A., Maroulis, Z.B. (2005): Structural properties of extruded corn starch. *Journal of Food Engineering* 68, 519–526.
- [18] Wu, W., Huff, H.E., Hsieh, F. (2007): Processing and properties of extruded flaxseed-corn puff. *Journal of Food Processing and Preservation* 31, 211–226.
- [19] 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.
- [20] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [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] Altan, A., McCarthy, K.L., Maskan, M. (2009): Effect of screw configuration and raw material on some properties of barley extrudates. *Journal of Food Engineering* 92, 377–382.
- [2] Anton, A.A., Fulcher, R.G., Arntfield, S.D. (2009): Physical and nutritional impact of fortification of corn-starch based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chem.* 113, 989-996.
- [3] Carvalho, C.W.P., Takeiti, C.Y., Onwulata, C.I., Pordesimo, L.O. (2010): Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: Effect of particle size on the extrusion of corn meal. *Journal of Food Engineering* 98, 103-109.
- [4] Chuang, G.C.C., Yeh, A. (2004): Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. *Journal of Food Engineering* 63, 21–31.
- [5] Curic, D., Novotni, D., Bauman, I., Kricka, T., Dugum, J. (2009): Optimization of extrusion cooking of cornmeal as raw material for bakery products. *Journal of Food Engineering* 32, 294-317.
- [6] Delgado-Licon, E., Martinez Ayala, AL, Rocha-Guzman, NE, Gallegos-Infanate, JA, Atienzo-Lazos, M., Drzewicki, J., Martínez-Sánchez, CE, Gorinstein, S. (2009): Influence of extrusion on the bioactive compounds and the antioxidant capacity of the bean / corn mixtures. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 60 (6), 522-532.
- [7] Ding, Q.B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., Marson, H. (2006): The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering* 73, 142–148.
- [8] Ficarella, A., Milanese, M., Laforgia, D. (2004): Numerical study of extrusion process in cereals production: Part I. Fluid-dynamic analysis of extrusion system 73, 103-111.
- [9] Hagenimana, A., Ding, X., Fang, T. (2006): Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science* 43 (1), 38-46.
- [10] Hood-Niefer, S.D., Tyler, R.T. (2010): Effect of protein, moisture content and barrel temperature on the physicochemical characteristics of pea flour extrudates. *Food Research International* 43, 659–663. Kebede, L., Worku, S., Bultosa, G., Yetneberk, S. (2010): Effect of extrusion operating conditions on the physical and sensory properties of tef (*Eragrostis tef*)
- [11] Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // *Volga Region Farmland*. 2019.No 2 (2). P. 87–94.

- [12] Lazou, A., Krokida, M. (2010): Structural and textural characterization of corn – lentil extruded snacks. *Journal of Food Engineering* 100, 392–408.
- [13] Onwulata, C.I., Konstance, R.P. (2006): Extruded corn meal and whey protein concentrate: Effect of particle size. *Journal of Food Processing and Preservation* 30, 475–487.
- [14] Qi, P.X., Onwulata, C.I. (2011): Physical properties, molecular structures, and protein quality of texturized whey protein isolate: Effect of extrusion moisture content. *Journal of Dairy Science* 94 (5), 2231-2244.
- [15] Saeleaw, M., Dürschmid, K., Schleining, G. (2012): The effect of extrusion conditions on mechanical-sound and sensory evaluation of rye expanded snack. *Journal of Food Engineering* 110, 532-540.
- [16] Semaska, C., Kong, X., Hua, Y. (2010): Optimization of Extrusion on Blend Flour Composed of Corn, Millet and Soybean. *Pakistan Journal of Nutrition* 9 (3), 291-297.
- [17] Thymi, S., Krokida, M.K., Pappa, A., Maroulis, Z.B. (2005): Structural properties of extruded corn starch. *Journal of Food Engineering* 68, 519-526.
- [18] Wu, W., Huff, H.E., Hsieh, F. (2007): Processing and properties of extruded flaxseed-corn puff. *Journal of Food Processing and Preservation* 31, 211–226.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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. 4/10/2016, Bull. No. 10. 8 p
- [23] 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
- [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. 9/26/2018

Сведения об авторах

Information about the authors

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

Разработка рецептуры хлебобулочных изделий с экструдатом зерна овса для малых предприятий

Шабурова Г.В., Шматкова Н.Н.

Аннотация. Крупные хлебопекарные предприятия, работающие в трехсменном режиме, применяют в своих технологических процессах, в основном, способы приготовления теста на густой опаре, ускоренный безопарный и безопарный способы. Для малотоннажных производств эти способы не подходят в связи с особым режимом работы большинства пекарен и цехов по производству хлебобулочных изделий (ХБИ). Применение ускоренных способов обработки сырья повышает себестоимость готовой продукции в связи с использованием улучшителей и подкислителей. Учитывая режим работы малых пекарен, следует считать рациональным применение холодной технологии poolish, характеризующейся продолжительным брожением в течение 12-24 часов при минимальном количестве дрожжей в опаре. Повышение пищевой и биологической ценности изделий на опаре poolish обеспечено за счет применения взамен части пшеничной муки экструдированного овса с модифицированным химическим составом. Готовые изделия отличались повышенным удельным объемом и пористостью. Физико-химические и органолептические показатели багета французского, вырабатываемого по инновационной технологии, соответствовали требованиям государственного стандарта. Багет имел хорошие вкусо-ароматические характеристики, привлекательный внешний вид, эластичный мякиш с равномерной пористостью.

Ключевые слова: технология, хлебобулочные изделия, экструдат, зерно овса, термовакuumная экструзия, рецептура, пулиш, тесто.

Для цитирования: Шабурова Г.В., Шматкова Н.Н. Разработка рецептуры хлебобулочных изделий с экструдатом зерна овса для малых предприятий // Инновационная техника и технология. 2020. № 2 (23). С. 24–28.

Development of a recipe for bakery products with extrudate oat grain for small enterprises

Shaburova G.V., Shmatkova N.N.

Abstract. Large bakery enterprises operating in a three-shift mode, in their technological processes, mainly use methods for preparing dough on a thick dough, accelerated uncooked and uncooked methods. For small-scale production, these methods are not suitable due to the special mode of operation of most bakeries and workshops for the production of bakery products (CBI). The use of accelerated methods of processing raw materials increases the cost of finished products in connection with the use of improvers and acidifiers. Given the operating mode of small bakeries, it should be considered rational to use the cold poolish technology, characterized by prolonged fermentation for 12-24 hours with a minimum amount of yeast in the dough. Increasing the nutritional and biological value of products on poolish dough is ensured by the use of extruded oats with a modified chemical composition in exchange for a portion of wheat flour. Finished products were characterized by increased specific volume and porosity. The physicochemical and organoleptic characteristics of the French baguette produced by innovative technology met the requirements of the state standard. Baguette had good taste and aromatic characteristics, attractive appearance, elastic crumb with uniform porosity.

Keywords: technology, bakery products, extrudate, oat grain, thermal vacuum extrusion, formulation, pulish, dough.

For citation: Shaburova G.V., Shmatkova N.N. Development of a recipe for bakery products with extrudate oat grain for small enterprises. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.2 (23). pp. 24–28. (In Russ.).

Введение

Согласно «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» качество продуктов питания, в том числе хлебобулочных изделий, трактуется как «совокупность характеристик пищевой продукции, соответствующих заявленным требованиям и включающих ее безопасность, потребительские свойства, энергетическую и пищевую ценность, аутентичность, способность удовлетворять потребности человека в пище при обычных условиях использования в целях обеспечения сохранения здоровья человека». Задачей выпуска качественной и безопасной продукции обеспокоены и крупные и малотоннажные предприятия.

Одним из путей реализации указанных задач является использование эффективных инновационных технологий переработки нетрадиционных сырьевых ресурсов растительного происхождения, в том числе, с помощью экструзионной обработки, а также новые современные способы приготовления теста [1, 2, 3]

Перспективным объектом модификации с точки зрения формирования функциональных свойств пищи могут быть хлебобулочные изделия, как основной сегмент продуктов регулярного потребления.

Дефицит функциональных пищевых ингредиентов в ХБИ может быть компенсирован внесением натуральных пищевых обогатителей, содержащих высокий уровень функциональных пищевых ингредиентов. Одним из ценных и перспективных источников указанных ингредиентов являются экструдированные зерна овса (ЭЗО) [4].

В связи с этим, исследования, связанные с применением современных технологий и модифицированных рецептур ХБИ функционального назначения на основе применения муки из экструдированных зерен овса весьма актуальны.

Хлеб всему голова, сколько людей, столько и мнений, а сколько народов – столько и хлебов. В каждой стране или даже области существуют уникальные рецепты и традиции, связанные с хлебом и выпечкой. Франция – единственная страна, в которой хлеб стал символом целой нации. Багет длиной около 70 см появился примерно сто лет назад, и во всем мире был признан типичным атрибутом французской кухни. При этом существует ряд ограничений, которые определяют его вкус, форму и текстуру, то есть не любой удлинённый хлеб можно назвать этим именем.

Хотя этот хлеб галльского происхождения, багет может быть производным от хлеба, разработанного в Вене, Австрии, в середине девятнадцатого века, когда начали работать первые паровые печи, которые помогли сделать корку хлеба хрустящей, а белый мякиш мягким, есть аспекты, которые являются отличительными признаками сегодняшнего багета.

Технологический процесс производства обеспечивает не только высокое качество хлебобулочного изделия, но и подбор оборудования и технологических параметров производства. Актуальность данной работы – заключается в разработке нового хлебобулочного изделия – багета французского с экструдированными зёрнами овса (ЭЗО), который будет очень актуален в плане обогащения полезными ингредиентами, а также в подборе технологических режимов и параметров соответствующего оборудования.

Научная новизна заключается в применении растительного продукта – овса, содержащего в своем составе уникальный комплекс органических соединений: комплексных углеводов, высококачественных белков и клетчатки, кроме того в нем присутствуют витамины, микроэлементы и макроэлементы, антиоксиданты, стеролы и прочие полезные биологически активные соединения, которые благоприятно влияют на организм человека.

По мнению диетологов, овес - это один из самых полезных для нашего здоровья злаков. В отличие от других злаковых культур, овес является незаменимым помощником в лечении различных болезней печени [5].

Таблица 1 – Рецептура багета из пшеничной муки высшего сорта с внесением ЭЗО, массой 0,35 кг и режим приготовления опары и теста по технологии poolish

Наименование сырья, кг	Расход сырья на 100 кг муки, кг
1. Мука пшеничная высший сорт, кг	100
2. Соль, кг	2
3. Дрожжи прессованные, кг	1,1
4. Масло растительное на смазку форм, кг	0,15
Вода, кг	66
ОБЩИЙ ВЫХОД ТЕСТА	169,1
Жидкая опара (пулиш)	
Мука пшеничная высший сорт, кг	33
Вода, кг	33
Дрожжи прессованные, кг	0,07
ВСЕГО	66,07
Тесто	
Мука пшеничная высший сорт, кг	64
Экструдат овса	3
Вода, кг	33
Дрожжи прессованные, кг	1,03
Соль	2
Пулиш	66,07
ВСЕГО	169,1
Влажность теста, %	35,5-36 %
Температура теста, °C	29,0-29,4
Продолжительность брожения, мин	120
Кислотность	2,8

Экструдаты овса составляют достойную конкуренцию семейству бобовых т.к. служат источником пищевых волокон, которые способствуют усвоению жира в кишечнике человека, причем растворимая клетчатка образует на стенках кишечника защитную пленку, улучшающую пищеварение.

Белок овсяного зерна сбалансирован по аминокислотному составу и легко усваивается, содержит повышенное количество незаменимой аминокислоты - лизина до 8,5%. Содержание жиров (масла) в зерне овса (3-11%) в 2-3 раза больше, чем у других зерновых. Эпидемиологические исследования показали, что потребление продуктов из цельного зерна овса, богатых по содержанию растворимой (3-глюкан и арабиноксилан) и нерастворимой клетчаткой, защищает от возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, диабета II типа, ожирения, некоторых онкологических заболеваний. Белки овса выгодно отличаются от белков пшеницы. В них содержится, г на 100 г белка: валина – 7,8; изолейцина – 5,2; лейцина – 8,1; лизина – 3,9; метионина – 2,0; треонина – 3,8; триптофана – 1,7; фенилаланина – 6,47.

Аминокислотный скор белка овса по лизину 71 %, тогда как белка озимой пшеницы по этой аминокислоте только 56 %.

Овес отличается от других злаков тем, что в его эндосперме содержится много липидов. Жир овса в основном состоит из глицеридов олеиновой и линолевой кислот. Как и у других злаков, липиды овса содержат много непредельных жирных кислот, сумма которых составляет около 80 % при довольно высоком содержании олеиновой кислоты. Содержание токоферолов в масле составляет 9,8-75 мг %, они представлены различными изомерами.

Следует считать положительной особенностью химического состава муки с добавлением ЭЗО низкое содержание углеводов, в сравнении с пшеничной мукой – 11,4 % и 85,6 %, соответственно.

Установлено, что мука с добавлением ЭЗО яв-

ляется источником таких полезных минеральных веществ, как фосфор, калий и магний.

Цель работы – разработка рецептуры багета с экструдатом овса с приготовлением опары и теста по технологии poolish (пулиш).

Объекты и методы исследований

- сырье (мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, дрожжи прессованные хлебопекарные, соль поваренная пищевая «Экстра», ЭЗО);
- полуфабрикат (тесто);
- готовая продукция – хлебобулочное изделие багет французский с экструдатом овса.

Результаты и их обсуждение

В качестве прототипа для модификации рецептуры багета была использована рецептура багета французского с первым этапе определяли влияние различных дозировок МЭЗО на органолептические и физико-химические показатели качества французского багета.

Технологический процесс производства багета французского предусматривает следующие стадии:

1. Подготовка сырья и подготовка пулиш.

Жидкая опара (пулиш) является смесью равных количеств муки и воды с добавлением небольшого количества дрожжей (от 0,08 до 1% в зависимости от длительности созревания опары и замеса теста).

В связи с тем, что соотношение муки и воды составляет 1:1, опара пулиш имеет 100% гидратации и больше похожа на блинное тесто. В этот вид опары соль не вносят. Активность протеаз (ферментов, вызывающих расщепление белка) довольно высока. Эти ферменты способствуют увеличению растяжимости теста, что облегчает формование, так же приводит к увеличению объема хлеба. Для пригото-

Таблица 2 – Органолептические и физико-химические показатели теста

Наименование показателя	Результаты
Консистенция	Однородная консистенция с сетчатым рисунком, объем теста увеличился в 1,7 раза
Цвет	Светло-желтый
Вкус, запах	Свойственный тесту, спиртовой запах
Влажность, %	35,7
Температура конечная, °С	29,2
Кислотность, град	2,8

Таблица 3 – Показатели качества багета французского

Показатели хлеба	Контрольный образец	Опытный образец
Удельный объем, см ³ /г	3,6	3,7
Пористость, %	68	70
Влажность, %	19-50,0	34,9
Кислотность, град.	3,5	2,8
Формоустойчивость, Н:Д	0,35	0,42

ния жидкой опары (пулиш) дрожжи прессованные следует растворить в теплой воде, добавить муку и перемешать до получения однородной массы. Затем необходимо накрыть дежу пленкой и дать постоять в течение 12-16 часов при температуре 21 °С.

2. Замес теста. Помещаем все сырье по рецептуре в дежу вместе с пулиш. В течение 3 минут на первой скорости обрабатываем сырье до полного перемешивания ингредиентов. Замес теста до готовности проводим на второй скорости от 3 до 3,5 минут. Тесто становится гладким, средней консистенции. Температура теста 24 °С.

В ходе работы проводили контроль полуфабрикатов по органолептическим и физико-химическим показателям. Результаты приведены в таблице 2.

3. Брожение теста продолжительностью 2 часа.

4. Обминка. Обминаем тесто один раз после 1 часа брожения.

5. Разделка и формование. Разделяем тесто на заготовки массой от 360 до 480 грамм. Слегка округляем и оставляем на подпыленной мукой поверхности стола, швом вверх, накрыв пленкой. Время отдыха занимает от 10 до 30 минут, в зависимости от того, насколько крепкой была заготовка. Затем формуем длинные, тонкие багеты вручную. Для этого помещаем тестовые заготовки между складками пекарской ткани, оставляя между багетами достаточно места, чтобы во время окончательной расстойки они могли свободно увеличиться. Затем накрываем заготовки тканью или пленкой, чтобы защитить их от заветривания и предотвратить образование корки на поверхности, или можно поместить тестовые заготовки в шкаф окончательной расстойки.

6. Окончательная расстойка. Продолжительность от одного до полутора часов при температуре 24-28 °С.

7. Выпечка. Выпекаем при температуре 240 °С и среднем пароувлажнении. Продолжительность выпечки от 24 до 26 минут.

На втором этапе проведены пробные выпечки, с целью подтверждения его органолептических, физико-химических показателей. По результатам пробных выпечек, было определено количество ЭЗО 3% на 100,0 кг муки.

После выпечки и охлаждения, оценку качества багета французского с ЭЗО проводили по органолептическим и физико-химическим показателям, которые оценивались в соответствии с ГОСТ 31805-2018 Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия. Результаты исследований приведены в таблице 3.

В результате, при внесении экструдата овса в количестве 3% к массе муки пшеничной высшего сорта багет французский имеет привлекательный внешний вид, приятный вкус и аромат. Структура пористости: средняя, равномерная, развитая; мякиш багета хорошо пропеченный, невлажный, не липкий на ощупь, с едва заметными включениями частиц экструдата. Цвет мякиша готового багета светлый с серовато-кремовым оттенком. По результатам проведенных экономических расчетов, оптовая стоимость данного изделия массой по 0,35 кг равна 27 рублей 90 копеек.

Выводы

Повышение пищевой и биологической ценности изделий на опаре poolish достигается применением взамен части пшеничной муки экструдированного овса с модифицированным химическим составом. Готовые изделия отличались повышенным удельным объемом и пористостью изделий. Физико-химические и органолептические показатели багета французского, вырабатываемого по инновационной технологии, соответствовали требованиям государственного стандарта. Багет имел хорошие вкусо-ароматические характеристики, привлекательный внешний вид, эластичный мякиш с равномерной пористостью.

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] Bustamante Oyague B. APLICACIÓN DE PRE FERMENTO LIQUIDO (POOLISH), PARA OPTIMIZAR LA FORMULACION DEL PAN LIBRE DE GLUTEN A BASE DE HARINA DE ARROZ (*Oryza sativa*). – 2019. – 56 P.
- [3] Utilización de pre fermentos en la elaboración de pan de molde blanco para extender su tiempo de vida útil. – 2016.
- [4] Шабурова Г.В., Воронина П.К., Шматкова Н.Н. Экструдированный овес как сырье для обогащения хлеба //Сборник статей 8 Международной научно-практической конференции. – Пенза. – 2014. – С. 97-101.
- [5] 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.

- [6] Курочкин А.А., Н.Н. Шматкова, П.К. Воронина Совершенствование технологии булочных изделий на основе применения поликомпонентных композитов //Пищевые инновации и биотехнологии: материалы V Международной научной конференции /под общ. ред. М.П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2017. – С. 386 – 389.

References

- [1] Voronin, 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. - S. 65-71.
- [2] Bustamante Oyague B. APLICACIÓN DE PRE FERMENTO LIQUIDO (POOLISH), PARA OPTIMIZAR LA FORMULACION DEL PAN LIBER DE GLUTEN A BASE DE HARINA DE ARROZ (Otyza sativa). - 2019 .-- 56 R.
- [3] Utilización de pre fermentos en la elaboración de pan de molde blanco para extender su tiempo de vida útil. - 2016.
- [4] Shaburova G.V., Voronina P.K., Shmatkova N.N. Extruded oats as raw materials for bread fortification // Collection of articles of the 8th International Scientific and Practical Conference. - Penza. - 2014 .- S. 97-101.
- [5] Kurochkin, A.A. 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.V. 42. - No. 3. - S. 104-111.
- [6] Kurochkin A.A., N.N. Shmatkova, P.K. Voronina Improving the technology of bakery products based on the use of multicomponent composites // Food Innovations and Biotechnologies: Materials of the V International Scientific Conference / under the general. ed. M.P. Kirsanova; FSBEI of HE «Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University).» - Kemerovo, 2017 .-- S. 386 - 389.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Шабурова Галина Васильевна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(905) 366-63-43 E-mail: Shaburovs@mail.ru</p>	<p>Shaburova Galina Vasilievna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(905) 366-63-43 E-mail: Shaburovs@mail.ru</p>
<p>Шматкова Наталья Николаевна аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(909) 315-04-29 E-mail: n.shmatkova2014@list.ru</p>	<p>Shmatkova Natalia Nikolaevna postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(909) 315-04-29 E-mail: n.shmatkova2014@list.ru</p>

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 338.436:636.2.034.003.13 (470.325)

Совершенствование устройств для массажа вымени нетелей на основе их классификационных признаков

Курочкин А.А.

Аннотация. В работе представлена классификация технических средств, применяемых при подготовке животных к лактации, и на ее основе предложена конструктивно-технологическая схема устройства для массажа вымени нетелей с комбинированным принципом воздействием на ткани молочной железы животного. Сделан вывод о том, что рациональная конструкция массажного устройства должна обеспечивать комбинированный пневмо-механический массаж вымени нетелей путем интенсивного сжатия и растяжения тканей молочной железы животного в такте массажа. При этом кратковременный впуск порции воздуха в массажный колокол при такте разгрузки должен полностью восстанавливать нарушенное в предыдущем такте кровообращение в вымени животного.

Ключевые слова: нетели, молочная железа, комбинированный массаж, вакуум, пульсатор.

Для цитирования: Курочкин А.А. Совершенствование устройств для массажа вымени нетелей на основе их классификационных признаков // Инновационная техника и технология. 2020. № 2 (23). С. 29–33.

Improving devices for massaging the udder of heifers based on their classification characteristics

Kurochkin A.A.

Abstract. The paper presents a classification of technical means used in the preparation of animals for lactation, and based on it, a design and technological scheme of a device for massaging the udder of heifers with a combined principle of action on the breast tissue of the animal is proposed. It is concluded that the rational design of the massage device should provide a combined pneumatic-mechanical massage of the udder of heifers by intensive compression and stretching of the animal's breast tissue in the stroke of the massage. In this case, a short-term intake of a portion of air into the massage bell during the unloading stroke should completely restore the blood circulation in the udder of the animal that was disrupted in the previous stroke.

Keywords: neteli, breast, combined massage, vacuum, pulsator.

For citation: Kurochkin A.A. Improving devices for massaging the udder of heifers based on their classification characteristics. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.2 (23). pp. 29–33. (In Russ.).

Введение

Анализ технологии производства молока на современных аграрных предприятиях показывает, что ее отдельные составляющие не являются приемлемыми для животных и вызывают у них технологически неустранимый стресс. К подобным стрессовым воздействиям окружающей среды на животных можно отнести приучение первотелок к машинному доению, перевод животных из одного помещения в другое, перемещение животных по технологическим группам, смена обслуживающего персонала (в первую очередь – операторов машинного доения) и т.д.

Наиболее мощным источником негативно-го влияния на продуктивность и здоровье лактирующих животных является процесс приучения коров-первотелок к работе доильного аппарата. Данная технологическая операция совпадает по времени с наиболее напряженным периодом жизни коровы – становлением лактационной функции ее организма. В это время защитный физиологический механизм большинства животных ослаблен и адаптация животных к внешним раздражителям осуществляется за счет угнетения процесса молокообразования. Такое воздействие на живой организм закономерно снижает молочную продуктивность животных не только в период действия стресса, но и негативно отражается в последующем.

Одним из наиболее эффективных способов устранения указанной проблемы является комплекс технологических и организационных решений по подготовке нетелей к лактации, который в общем случае облегчает процесс приучения животного к взаимодействию с доильным аппаратом и создает условия для роста и формирования молочной железы животного в нетельном периоде его жизни.

В зависимости от характера воздействия на животных и их генетического потенциала подготовка нетелей к лактации позволяет повысить продуктивность коров по первой лактации в среднем на 15-20 %. При этом наилучшие результаты получены при применении комбинированного пневмомеханического массажа, при котором механическая составляющая воздействия на молочную железу соответствующего устройства более активно влияла на морфологические показатели вымени, в то время как физиологические свойства молокоотдачи животного изменялись в лучшую сторону под воздействием пневматического массажа.

Соотношение между интенсивностью воздействия на вымя нетели того или иного вида массажа зависит от конструктивных особенностей массажных устройств, поэтому весьма актуальной задачей в научном и практическом плане является анализ конструктивно-технологических схем наиболее известных устройств на основе их классификационных признаков.

Целью работы является анализ достоинств и

недостатков технических средств для подготовки животных к лактации путем воздействия на молочную железу в их нетельном возрасте.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований являются устройства для различных видов массажа вымени животных, преимущественно нетелей крупного рогатого скота, а также общие закономерности рабочего процесса наиболее эффективного устройства, с комбинированным принципом рабочего процесса.

Результаты и их обсуждение

Наиболее полная классификация устройств для стимулирующего воздействия на молочную железу крупного рогатого скота приведена в работе Ужик О.В. [11].

В ней автор все известные технические устройства для указанной цели систематизировала с учетом 8 классификационных признаков:

1. По назначению.
2. По способу воздействия.
3. По месту воздействия.
4. По типу рабочего органа.
5. По способу установки устройства в процессе работы.
6. По интенсивности воздействия.
7. По роду привода и носителя используемой энергии.
8. По способу управления.

В комментариях к этой классификации О.В. Ужик отмечает: «...что анализируемые устройства не реализуют способы стимулирующего воздействия на вымя нетелей, включающие комплекс приемов массажа, который наиболее близко соответствует ручному массажу». И считает, что одним из перспективных направлений в разработке технических средств, обеспечивающих такой массаж, является разработка устройства, обеспечивающего пневмо-механическое воздействие на вымя, а в качестве рабочего органа устройства использовать массажный колокол [11].

С учетом этого мнения, а также основываясь на изучении и анализе многочисленных работ (в том числе и автора статьи), посвященных разработке и исследованию технических средств для подготовки нетелей к отелу, можно предложить их следующую классификацию (рис. 1).

При этом следует отметить, что классификация не затрагивает целый ряд работ, а также технических решений, защищенных авторскими свидетельствами на изобретения и патентами, которые на уровне здравого смысла не могут быть признаны работоспособными или экономически не целесообразными. По существу основу классификации составляют ранее серийно выпускаемые устройства или приспособления, изготовленные небольшими

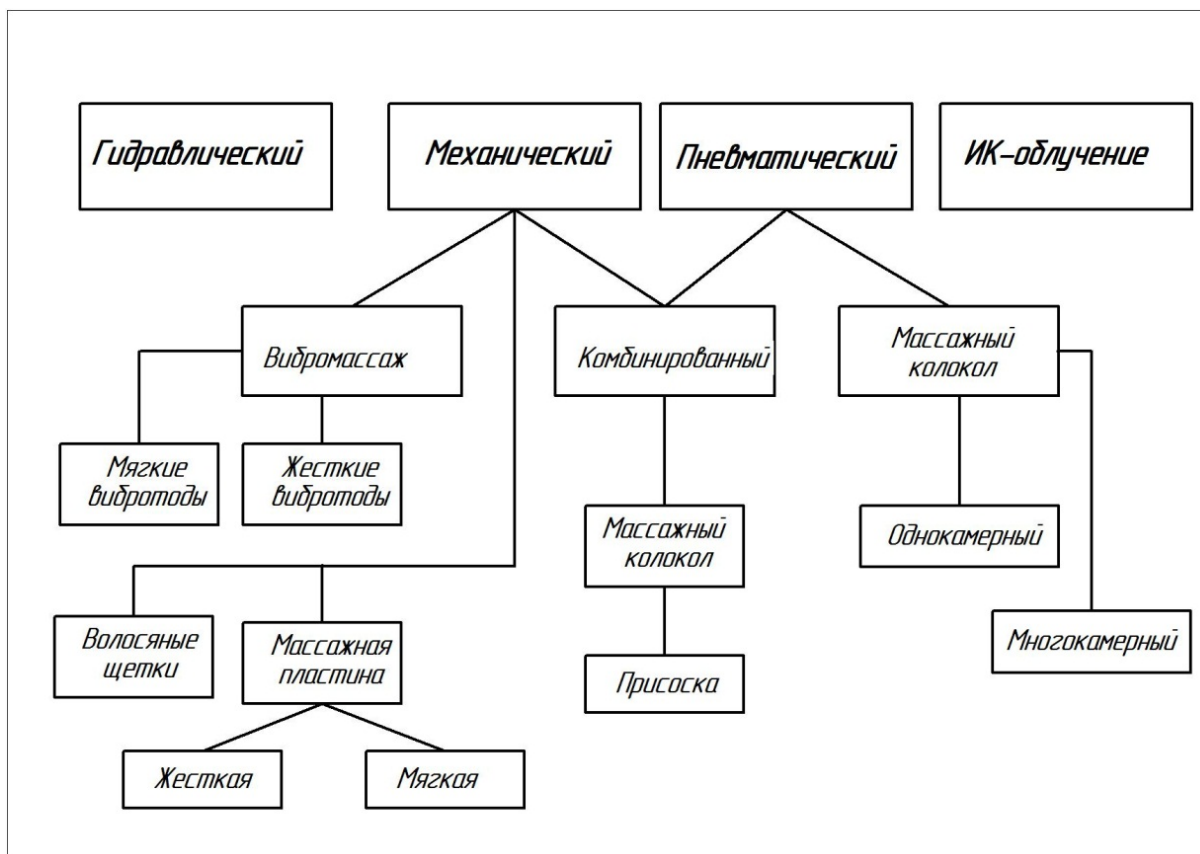


Рис. 1 Классификация устройств для массажа вымени нетелей

партиями и получившие признание на уровне регионов бывшего СССР и современной Российской Федерации.

При рассмотрении устройств для комбинированного воздействия на вымя животных за основу целесообразно брать конструкцию установки для пневмомассажа вымени нетелей (УПВН), разработанную Жужей С.В. [2].

В отличие от известных ранее конструкций в ней отсутствует громоздкая крепежная оснастка, а массажный колокол удерживается на вымени нетели за счет остаточного вакуума аналогично тому, как удерживаются стаканы доильного аппарата на сосках вымени коровы при доении. Для реализации этого принципа в днище колокола УПВН выполнено дренажное отверстие, а сам он соединяется с источником переменного вакуума с помощью дросселя [2].

С помощью дренажного отверстия полость колокола сообщается с атмосферой, что позволяет обеспечивать незначительное пониженное давление (остаточный вакуум) в колоколе в момент его подключения к вакуумной линии. Для ограничения вакуума до физиологически приемлемых пределов на подводящем вакуум шланге имеется дроссель.

Анализ работы УПВН показывает, что на величину рабочего давления в тактах «массаж» и «разгрузка» наиболее существенное влияние оказывают объем вымени животного, частота работы пульсатора, диаметры дроссельного канала и дренажного отверстия. Давление воздуха в массажном колоколе также зависит от величины подсос возду-

ха в местах крепления колокола к вымени и времени перекрытия дренажного отверстия в процессе установки колокола на молочную железу. С целью снижения зависимости вакуума от объема вымени и более эффективного взаимодействия массажного устройства с молочной железой, его комплектация предусматривала три типоразмера колокола. А для осуществления механического воздействия на ткани вымени нетели в массажном колоколе была предусмотрена подпружиненная пластмассовая решетка с деформаторами.

Опыт эксплуатации в производственных условиях и дальнейшие экспериментальные исследования УПВН показали, что совершенствование его рабочего процесса связано с реализацией следующих научных положений:

1. Необходимость увеличения амплитуды изменения давления в аппарате при тактах «массаж» и «разгрузка». При этом в такте «разгрузка» необходимо отказаться от остаточного вакуума и заменить его атмосферным давлением.

2. Устройство должно осуществлять не только пневматический, но и механический массаж. Для этого пассивный рабочий орган в виде решетки с деформаторами необходимо заменить на активный.

Практическое воплощение приведенных выше положений позволило разработать устройство, в котором силовая пневмокамера выполнена совместно с присоском, что позволило улучшить контакт рабочего органа устройства с тканями вымени животного. При этом комбинированный пневмо-механический массаж обеспечивает интенсивное сжатие

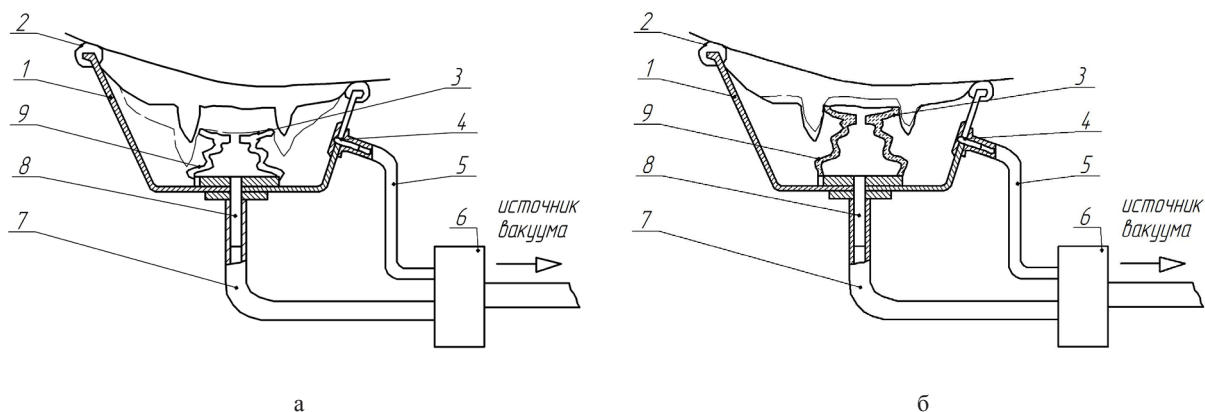


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема устройства для массажа вымени нетелей: а: такт пневмомассажа; б: такт механического массажа: 1 – массажный колокол; 2 – уплотняющая прокладка; 3 – присосок; 4, 8 – патрубки; 5, 7 – шланги; 6 – пульсатор; 9 – силовая пневмокамера

и растяжения тканей вымени, а кратковременный выпуск порции воздуха в массажный колокол при такте разгрузки позволяет существенно улучшить кровообращение в тканях вымени животного.

Устройство для массажа вымени нетелей состоит из массажного колокола 1 (рис. 2), снабженного уплотняющей прокладкой 2, гофрированной силовой пневмокамеры 9 с присоском 3 и пульсатора, обеспечивающего асинхронную подачу воздуха с пониженным и атмосферным давлением в колокол и пневмокамеру.

Рабочий процесс устройства осуществляется следующим образом. Оператор, обслуживающий устройство, плотно прижимает колокол и присосок к вымени животного. При подаче пульсатором воздуха с пониженным давлением внутрь массажного колокола, он присасывается к вымени и удерживается на нем. За счет этого давления (вакуума) осуществляется пневматический массаж той части молочной железы животного, которая ограничена кожей. Одновременно в пневмокамеру 9 и присосок 4 с помощью пульсатора 6 подается воздух с атмосферным давлением. За счет разности давлений в колоколе и пневмокамере присосок 3 перемещается вверх и осуществляет механический массаж тканей вымени путем их сжатия. Таким образом большая часть вымени животного подвергается воздействию пониженного давления и этот такт условно можно считать тактом пневмомассажа.

Список литературы

- [1] Агрегат для пневмомассажа вымени нетелей АПМ-1-Ф: паспорт УПВН. ОО. ООПС. – Производственное объединение «Кургансельмаш», 1986. – 34 с.
- [2] Жужа, С.В. Механизация процесса массажа вымени нетелей в условиях современных комплексов: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01/ Жужа Сергей Васильевич. – М., 1984. – 18 с.
- [3] Котенджи, Г.П. Подготовка нетелей к лактации /Г.П. Котенджи, А.А. Курочкин // Доклады ВАСХНИЛ. – 1987. – №4. – С. 32-34.
- [4] Курочкин, А.А. Повышение эффективности подготовки нетелей к лактации за счет совершенствования процессов и средств механизации: автореф. дис... д-ра. техн. наук: 05.20.01 / Курочкин Анатолий Алексеевич. СПб., 1993. – 42 с.
- [5] Курочкин, А.А. Анализ конструктивно-технологических схем устройств для массажа вымени нетелей / А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 1. – С. 29-34.

В следующем такте в массажный колокол с помощью пульсатора подается воздух с атмосферным давлением, что позволяет нормализовать кровообращение в части вымени, ограниченной колоколом. Одновременно в пневмокамере 9 за счет пульсатора 6 посредством шланга 7 и патрубка 8 давление воздуха понижается до рабочей величины, в результате чего присосок 3 присасывается к нижней поверхности вымени и при сжатии пневмокамеры 9 происходит механический массаж части вымени, взаимодействующей с присоском. В этот момент массажное устройство удерживается на вымени за счет присоска. Условно этот такт можно назвать тактом механического массажа. При повторном цикле работы пульсатора рабочие такты массажного устройства повторяются.

Выводы

Принцип работы предложенного устройства позволяет осуществлять комбинированный пневмо-механический массаж вымени нетелей и обеспечивает интенсивное сжатие и растяжения тканей молочной железы животного в такте массажа. При этом кратковременный выпуск порции воздуха в массажный колокол при такте разгрузки позволяет полностью восстановить нарушенное в предыдущем такте кровообращение в вымени животного.

- [6] Курочкин, А.А. Математическое моделирование пневмосистемы устройств для массажа вымени нетелей двухкамерного типа / А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 2. – С. 25-33.
- [7] Курочкин, А.А. Моделирование пневмосистемы устройств для массажа вымени нетелей однокамерного типа /А.А. Курочкин, Д.И. Фролов //Известия Самарской ГСХА. Самара, 2016. – № 4. – С. 36–43.
- [8] Скоров, Н.П., Андреев А.В., Курочкин А.А. Устройство для массажа вымени нетелей //Патент Украины №20652 А. – 1997.
- [9] Ужик, О.В. Разработка и теоретическое обоснование технологий и технических средств для молочного скотоводства: дис....д-ра. техн. наук: 05.20.01 / Ужик Оксана Владимировна. – Белгород, 2014. – 388 с.

References

- [1] Assembly for pneumomassage of the udder of heifers APM-1-F: passport UPVN. OO. OOOPS. – Production Association «KURGANSELMASH», 1986. – 34 p.
- [2] Zhuzha, S. V. Mechanization process of massage of the udder of heifers in modern complexes: author. dis.... Cand. tech. Sciences: 05.20.01/ Zhuzha Sergey Vasilevich – M., 1984. – 18 p.
- [3] Kotendzhi, G. P. Training heifers to lactation /G. P. Kotendzhi, A. A. Kurochkin //Reports of Agricultural Sciences. – 1987. – № 4. – P. 32-34.
- [4] Kurochkin, A. A. Improving the efficiency of training heifers to lactation through improved processes and means of mechanization: author. dis....dr. tech. sciences: 05.20.01 / Kurochkin Anatoliy Alekseevich. SPb., 1993. – 42 p.
- [5] Kurochkin, A. A. Ahe Analysis of constructive-technological diagram of the device for massage of the udder of heifers // Innovative technology. – 2016. – № 1. – P. 29-34.
- [6] Kurochkin, A. A. Mathematical modeling of pneumatic devices for massage of the udder of heifers two-chamber type // Innovative technology. – 2016. – № 2. – P. 25-33.
- [7] Kurochkin, A. A. Modeling of pneumatic devices for massage of the udder of heifers of single-chamber type /A. A. Kurochkin, D.I. Frolov // Bulletin Samara SAA. – Samara, – 2016. – № 4. – P. 36-43.
- [8] Skorov N. P. Andreev A.V., Kurochkin A. A. Device for massaging udders of heifers //Patent of Ukraine №20652 А. – 1997.
- [9] Uzhik, O. V. Development and theoretical substantiation of technology and equipment for dairy cattle: dis.... dr. tech. Sciences: 05.20.01 / Uzhik Oksana Vladimirovna. – Belgorod, 2014. – 388 p.

Сведения об авторах

Information about the authors

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

Расчет энергетических затрат тонкого измельчения растительных материалов

Родионов Ю.Ю., Скоморохова А.И., Родионов Ю.В., Рыбин Г.В., Алексенцев Д.С.

Аннотация. В настоящее время плодоовощные порошки находят широкое применение в функциональных продуктах питания и лекарственных препаратах. Получение растительных порошков осуществляется путем сушки исходного материала и его последующим измельчением. На первом этапе применяется двухступенчатая вакуумно-импульсная сушилка, так как она позволяет сохранить большее количество сухих веществ. При хранении высушенных плодоовощных продуктов в необходимых условиях, их первоначальные полезные свойства не утрачиваются до 6 месяцев, а по истечении данного срока еще до 12 месяцев способны сохранять до 50% своих свойств. Для исследования процессов сушки применялись образцы следующих растительных продуктов: перец «Ласточка»; томат «Черный мавр»; чеснок «Юбилейный»; яблоки сортов «Антоновка обыкновенная», «Богатырь», «Жигулёвское», «Лобо»; тыква «Мичуринская». В статье представлены результаты сушки тыквы и усредненные результаты, полученные при сушке яблок (образцы были взяты одинаковой массы и толщиной нарезки по 5 ± 1 мм). Измельчение проводилось с помощью двухступенчатой дисково-шаровой мельницы с вакуумным удалением растительных частиц заданной степени помола. Авторами предложена методика вычисления энергетических затрат процесса. Исходя из экспериментальных исследований получено несколько факторов, способствующих снижению энергозатрат. Рассмотрены зависимости, по которым можно провести качественное сравнение измельчающих установок, а также рассчитать и спроектировать оборудование для эффективного измельчения. Предложена формула вычисления коэффициента эффективности, позволяющего анализировать и выбирать оборудование для измельчения сухого растительного сырья тонкого и сверхтонкого помола. На основании полученных значений коэффициента качества выбирается наиболее подходящее оборудование для измельчения сухого растительного сырья. По результатам исследований сделаны выводы.

Ключевые слова: измельчение, растительные материалы, энергетические затраты, степень помола, коэффициент эффективности измельчения.

Для цитирования: Родионов Ю.Ю., Скоморохова А.И., Родионов Ю.В., Рыбин Г.В., Алексенцев Д.С. Расчет энергетических затрат тонкого измельчения растительных материалов // Инновационная техника и технология. 2020. № 2 (23). С. 34–41.

Calculation of energy costs of fine grinding of vegetable materials

Rodionov Yu. Yu., Skomorokhova A. I., Rodionov Yu. V., Rybin G. V., Aleksentsev D. S.

Abstract. Currently, fruit and vegetable powders are widely used in functional foods and medicines. Obtaining plant powders is carried out by drying the source material and its subsequent grinding. At the first stage, a two-stage vacuum-pulse dryer is used, since it allows you to save more solids. When storing dried fruit and vegetable products under the necessary conditions, their initial useful properties are not lost until 6 months, and after this period up to 12 months are able to retain up to 50% of their properties. To study the drying processes, samples of the following plant products were used: «Swallow» pepper; tomato «Black Moor»; garlic «Jubilee»; apples of the varieties Antonovka vulgaris, Bogatyr, Zhigulevskoye, Lobo; pumpkin «Michurinsky». The article presents the results of drying pumpkins and the average results obtained by drying apples (samples were taken of the same mass and a slicing thickness of 5 ± 1 mm). Grinding was carried out using a two-stage disk-ball mill with vacuum removal of plant particles of a given degree of grinding. The authors proposed a methodology for calculating the energy costs of a process. Based on experimental studies, several factors have been obtained that contribute to reducing energy costs. The dependences are examined, according to which a qualitative comparison of grinding plants can be carried out, as well as to calculate and design equipment for effective grinding. A formula for calculating the efficiency coefficient is proposed, which allows one to analyze and select equipment for grinding dry plant materials of

fine and ultrafine grinding. Based on the obtained values of the quality factor, the most suitable equipment for grinding dry plant materials is selected. Based on the results of the research, conclusions are drawn.

Keywords: grinding, plant materials, energy costs, degree of grinding, grinding efficiency coefficient.

For citation: Rodionov Yu. Yu., Skomorokhova A. I., Rodionov Yu. V., Rybin G. V., Aleksentsev D. S. Calculation of energy costs of fine grinding of vegetable materials. *Innovative Machinery and Technology*. 2020. No. 2 (23). pp. 34–41. (In Russ.).

Введение

С точки зрения содержания минеральных солей, витаминов, хлорофилла, ферментов, легкоусвояемых сахаров, антибиотиков, вкусовых, ароматических и других питательных веществ необходимых для организма человека овощи и фрукты являются важной частью питания по современным научным данным [1]. В настоящее время существуют рекомендации: потреблять фруктов и овощей по отдельности до 350 граммов в различном виде. Это обуславливается богатым биологическим составом [2]. Фрукты и овощи являются стимуляторами пищеварения, как продукты, обладающие свойствами, позволяющими оказывать возбуждающее действие на секретную функцию пищеварительных желез, также

сохраняют эту способность при различных формах их обработки (мок, пюре, супы и т.д.). Одним из уникальных их свойств является также способность повышать усвояемость жиров, белков и углеводов [3].

В настоящее время плодоовощные порошки широко применяются в функциональных продуктах питания и лекарственных препаратах. Так, например, чесночный порошок применяется в белково-витаминно-минеральных концентратах (БВМК) [4], макаронных изделиях [5] вкусовых добавках, также для этих целей применяются порошки из тыквы, свеклы, яблок. Их добавление в лекарственные препараты обусловлено химическим составом, который богат важными для человеческого организма витаминами, минералами, микро- и макроэлементами.

Следует отметить, что при превращении растительного сырья в порошковую продукцию на каждом этапе должны соблюдаться свои требования. Это говорит о том, что цепочка технологических процессов выстраивается обратно движению сырья. Последним этапом в данном производстве является измельчение, которому всегда предшествует сушка. Для многих плодов и овощей в НОЦ ТГТУ-МичГАУ «Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова» разработаны различные типы наиболее эффективных сушильных установок. Предложенные сушильные установки объединены следующими принципами: двухступенчатость и использование вакуума во второй ступени. [6, 7]. За последние годы был

разработан ряд их модификаций, в зависимости от геометрических форм и размеров, химико-биологического состава [8]. Основными параметрами сушильных установок являются максимальная скорость удаления влаги и сохранение биологически активных веществ (БАВ). Это определяет главное преимущество получаемого сушеного полуфабриката.

Для исследования сушки растительных продуктов ЦЧР, рассмотрим наиболее распространенные из них в районе и сравним два вида сушки [9, 10, 11]. Пример экспериментально полученных данных о биологической ценности тыквы сорта «Мичуринска» и усредненные показатели результатов сушки яблок четырех различных сортов (взятых по одинаковой массе и толщине нарезки по 5 ± 1 мм) приведены в таблице 1.

Анализ проводился на образцах следующих растительных продуктов: перец «Ласточка»; томат «Черный мавр»; чеснок «Юбилейный»; яблоки сортов «Антоновка обыкновенная», «Богатырь», «Жигулёвское», «Лобо»; тыква «Мичуринская». По результатам, представленным в таблице, видно, что наиболее эффективной является двухступенчатая конвективно-вакуумная сушка.

Сохраняемые в необходимых условиях высушенные плоды и овощи не теряют своих свойств до 6 месяцев, а после до 12 месяцев до 50%. Дробление и размол относятся к процессам механического измельчения твердых веществ, в нашем случае растительных плодовоовощных продуктов. Измельчение увеличивает поверхность обрабатываемого материала, что важно для производительности дальнейших процессов, таких как биохимических и диффузионных. То есть необходимое измельчение является важной стадией получения растительных порошков и дальнейшее их использование.

Целью работы являлось определение зависимости энергетических затрат измельчения сухих растительных материалов и выбор рациональных технологических приемов.

Объекты и методы исследований

Для получения теоретических зависимостей мелкого и сверхмелкого помола сухих растительных материалов, выращиваемых в ЦЧР, использо-

Таблица 1 – Сравнительный анализ видов сушки яблок и тыквы

Показатель качества	До сушки	После сушки	
		Конвективная сушка	ДКВИ-сушка
СУШЕНЫЕ ЯБЛОКИ			
Сухие вещества, %	13,7	88,4	89,7
Антиоксидантная активность, мг рутин в 100 г водного экстракта	73,8	105,7	126,51
Белок, мг/%	0,4	1,3	2,2
Катехины, мкг/%	201	1164	1272
Сумма усвояемых углеводов, %	9,8	54,6	59,9
Органические кислоты, %	0,8	2,1	2,3
Пищевые волокна, %	1,8	10,9	11,3
Витамин С, мг/%*	10,3	3,4	39,6
Общее количество золы, %	0,5	2,61	2,58
СУШЕНАЯ ТЫКВА			
Сухие вещества, %	17,41	89,11	91,47
Сумма пектиновых веществ, %	1,74	7,66	8,12
Сумма каратиноидов, мг/%	4,17	28,14	30,73
Сумма растворимых сахаров, %	1,74	16,98	18,5
Глюкоза, %	0,27	1,07	1,27
Витамин С, мг/%	28	55,6	96,9
Сахароза, %	0,54	4,8	4,92
Фруктоза, %	0,93	11,11	12,31
Крахмал, %	1,24	4,05	4,49
Дубильные вещества, мг/%	0,33	2,37	3,19
Биофлавоноиды, мг/%	261,7	1787,6	1948,4
Общее количество золы, %	1,07	7,23	7,48

вались разработки напечатанные, опубликованные в источниках [12, 13, 14, 15].

Результаты и их обсуждение

В результате экспериментальных исследований получено несколько факторов, ведущих к снижению энергозатрат:

- продукт перед измельчением должен правильно высушен по подобранной технологии сушки для конкретного вида растительного сырья;
- влажность сушеного сырья для измельчения должна составлять 3%-4%.
- после сушки идти быстро процесс измельчения или сушеная продукция должна закладываться на хранение, не успев набрать влагу из-за адсорбционных свойств растительного сырья;
- оборудование измельчение растительного сырья следует правильно подбирать, согласно виду.

Процесс получения порошков тонкого и сверхтонкого помола является сложным. Анализ существующих типов оборудования для измельчения растительных продуктов в такой порошок (тонкий и сверхтонкий), определен, в первую очередь, их физико-механическими свойствами. Экспериментальным путем было выделено несколько ти-

пов оборудования, подходящих для данной задачи. К ним относятся мельницы шаровые, струйные и криомельницы.

Одной из главных задач теории измельчения, особенно сухих растительных веществ, является определение количества энергии, которая затрачивается на процесс.

Процесс измельчения с точки зрения физической модели описывается как разрушение объектов под действием внешних сил при напряжениях, превышающих предел прочности. При этом внешние силы прикладываем до того момента, пока будут получены все частицы с заданным размером d , если позволяет выбранный способ.

Математическую модель определения энергии измельчения базируем на следующих допущениях:

- при однократном разрушении объемная степень измельчения остается постоянной при любом размере куска;
- тело при измельчении считаем однородным, абсолютно упругим и делившимся по определенному закону.

Различают следующие степени измельчения: линейную ($i = d_k / d_n$) и объемную ($a = v_k / v_n$). Здесь d – размер кусков в м, v – их объем в м³, индексы «к» и «н» и

«к» обозначают параметры до и после измельчения соответственно.

Характеристику геометрических параметров измельчаемого растительного материала определяем по размеру сита, используя понятие наибольшего куска. Крупность кускового и порошкообразного материалов характеризуем разными способами [12].

При анализе полученного материала использовались приборы и методы, которые позволяют определить фракционный (гранулометрический) состав, а также удельную поверхность кускового и порошкообразного материалов. Данные приборы и методы представлены в литературе, ссылки на которую приведены в книге [13].

Воспользуемся следующими определениями и зависимостями для анализа, расчета и проектирования оборудования для эффективного измельчения:

- определение среднего объема кусков проведем, следующим образом:

- первое разрушение куба по зависимости:

$$d_1^3 = v_1 = \frac{D^3}{r} \quad (1)$$

где D – первоначальный размер частиц, м; r – степень измельчения в каждой стадии.

- второе разрушение куба соответственно по зависимости:

$$d_2^3 = v_2 = \frac{D^3}{r^2} \quad (2)$$

- при n -ом разрушении зависимость примет вид:

$$d^3 = v_n = \frac{D^3}{r^n} \quad (3)$$

Или

$$r^n = \frac{D^3}{d^3} = i^3 = a, \quad (4)$$

где a – объемная степень измельчения.

Данная методика предоставляет возможность определить необходимое количество приемов разрушения для того, чтобы измельчить куб, первоначальный размер которого равнялся D , в кубики размером d по формуле:

$$n = \frac{\log a}{\log r} = \frac{3(\lg D - \lg d)}{\lg r}. \quad (5)$$

Объем измельчения считаем, как:

$$v = D^3 - d^3 \quad (6)$$

При измельчении энергетические расходы можно разделить на три основных вида: затраты на теплоту деформирования материала, на образова-

ние новой поверхности и на теплоту трения материала по поверхностям устройства. Следовательно, энергия представляет собой сумму работ, которые затрачиваются на деформацию тела, на образование новых поверхностей и тепловые потери:

$$A = \frac{\sigma_{сж.р}^2 \cdot v}{2E} + k_r F + \Delta A_T \quad (7)$$

где $\sigma_{сж.р}$ – предел прочности от напряжения сжатия (растяжения) сухого растительного материала Па;

k_r – коэффициент пропорциональности;

F – площадь образованной при разрушении поверхности растительного тела, м²;

ΔA – работа тепловых потерь, Дж.

Энергию процесса, которая затрачивается на процесс измельчения, представляем как сумму работ затраченных на каждом приеме разрушения с учетом тепловой работы:

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n = k_0 D^{2.5} \left[1 + (i_0^{0.5})^1 + (i_0^{0.5})^2 + \dots + (i_0^{0.5})^{n-1} \right] + \sum_n^i A_{Ti} \quad (8)$$

$$A_0 = \frac{k}{(i_0^{3-m} - 1)\rho} \left(\frac{1}{d^{3-m}} - \frac{1}{D^{3-m}} \right) G + \sum_n^i A_{Ti} \quad (9)$$

где ρ – плотность растительного материала, кг/м³;

m – показатель степени;

G – вес растительного материала, кг.

Работу однократного разрушения тела объемом v определим введя вместо текущего напряже-

ния предел прочности $\sigma_{сж.р}$:

$$A_0 = \frac{\sigma_{сж.р}^2 \cdot v}{2E} + \Delta A_{T0}. \quad (10)$$

Число стадий разрушения, которое необходимо осуществить для достижения заданного размера частиц d из первоначального их размера, соответ-

ствующего величине D , обозначим n . При одно-

кратном разрушении a_0 эта величина будет опреде-

ляться следующим образом: при n -кратном

разрушении тела количество частиц, имеющих раз-

мер d , равно a_0^n . Объемную степень этих частиц

запишем как:

$$\frac{D^3}{d^3} = i^3 = a_0^n \quad (11)$$

откуда $3lgi = n lga_0$ или $n = \frac{3lgi}{lga_0}$.

Суммарная работа этой операции, равна:

$$A = \left(\frac{\sigma_{сж.р}^2 D^3}{2E} \right) \left(\frac{3lgi}{lga_0} \right) + \Delta A_T. \quad (12)$$

Чтобы определить полученную при этом новую поверхность, необходимо поверхности, полученные при каждом приеме разрушения, суммировать, то есть

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = 6D^2 (i_0 - 1) (1 + i_0 + i_0^2 + i_0^3 + \dots + i_0^{n-1}). \quad (13)$$

Выражение во второй скобке представляет собой геометрическую прогрессию со знаменателем i_0 , сумма членов которой запишем, как:

$$S = \frac{(i_0^n - 1)}{(i_0 - 1)}. \quad (14)$$

Тогда представим:

$$E = 6D^2 (i_0^n - 1), \quad (15)$$

Средний поверхностный удельный расход энергии определим следующим образом:

$$A_{y.c} = \frac{A}{E} = \left[\frac{\sigma_{сж.р}^2 D^3}{12ED^2 (i_0^n - 1)} \right] \left(\frac{3lgi}{lga_0} \right) = \frac{\sigma_{сж.р}^2 D lgi}{4E (i_0^n - 1) lga_0} + \Delta A_{T.y.c}, \quad (16)$$

где $i_0 = \sqrt[3]{a_0}$ и $n = \frac{3lgi}{lga_0}$.

Предложенные зависимости позволяют провести качественное сравнение измельчающих установок, а также получить практические рекомендации:

- измельчение проводим после предварительного грохочения (просеивания);
- степень измельчения является основным показателем процесса;
- при измельчении работа должна быть направлена на преодоление сил сцепления между частицами, измельчаемого растительного материала;
- при осуществлении тонкого и сверхтонкого помола процесс необходимо проводить в несколько приемов, то есть он должен быть ступенчатым.

При проведении процесса измельчения сухих твердых растительных материалов требуются дополнительные условия:

Список литературы

- [1] Иванова Е.П., Митрохин М.А., Перфилова О.В., Родионов Ю.В., Скрипников Ю.Г. Разработка технологии закваски для производства хлеба функционального назначения // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – № 1 (50). – С. 260-264.

- величины измельченных растительных материалов должны быть максимально равномерны;

- удаление до заданной степени измельчения из зоны процесса сухих твердых растительных материалов должно быть быстрым;

- проведение измельчения по режимным параметрам растительных материалов, не должны вызывать потерю БАВ;

- регулирования степени измельчения в зависимости от назначения;

- ремонтпригодности и технологичности оборудования.

В результате получен коэффициент эффективности измельчения, который запишем зависимость:

$$K_{эф.изм} = \frac{\Pi}{M_0 M_C \Theta_3} \cdot K_{бав} \cdot 0,1L, \quad (17)$$

где Π – производительность установки, руб.;

M_0 – стоимость оборудования, руб.;

M_C – стоимость сырья, руб.;

Θ_3 – энергетические затраты, руб.;

$K_{бав}$ – коэффициент сохранности БАВ, руб.;

L – степень помола.

Предложенная формула позволяет сравнивать, анализировать и выбирать оборудование для измельчения сухого растительного сырья тонкого и сверхтонкого помола.

Выводы

По результатам проделанной работы в данной статье отражена важность применения порошков из растительного сырья для пищевой и фармацевтической отраслей народного хозяйства, а также для АПК. Показана важность применения для процесса измельчения предварительная двухступенчатая конвективно-вакуумная сушка, позволяющая сохранить большее количество питательных веществ по сравнению с сушкой конвективной. Теоретически определены зависимости затрат энергии тонкого и сверхтонкого помола растительных материалов и экспериментально установлены факторы, ведущие к снижению энергозатрат производства порошковой продукции из растительного материала. Предложены практические рекомендации для выбора наиболее эффективного оборудования.

- [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] Крылова В.Б., Густова Т.В., Манджиева Н.Н. Использование нетрадиционного животного сырья в технологии мясных и мясорастительных консервов // Мясная индустрия. – М: Редакция журнала «Мясная индустрия», 2010. – № 11. – С. 20-23.
- [4] Речкалов А.В., Шубина Н.И. Технология производства адресных БВМК для молодняка крупного рогатого скота // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2018. – С. 140-144.
- [5] 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 (50). – С. 56-61.
- [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] Родионов Ю.В., Свиридов М.М., Никитин Д.В. Влияние конструктивно-технологических параметров на эффективность работы жидкостнокольцевых вакуум-насосов // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2007. – Т. 50. № 5. – С. 102-104.
- [8] Зорин А.С. Совершенствование технологии и технических средств комбинированной вакуумной сушки растительного сырья для производства чипсов: автореф. дис. канд. технических наук. Мичуринск, 2019. – С. 16.
- [9] Попова И.В. Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья: дис. канд. техн. наук. Мичуринск, 2009. – 141 с.
- [10] Выращивание и комплексная переработка тыквы сорта Мичуринская / И. В. Иванова, Ю. В. Родионов, С. И. Данилин, Д. В. Никитин; научный редактор И. В. Иванова; Министерство сельского хозяйства РФ, Мичуринский государственный аграрный университет. – Мичуринск: Мичуринский ГАУ, 2019. – 113 с.
- [11] Родионов Ю.В., Попова И.В., Шацкий Д.А. Сравнительный анализ эффективности сублимационной и двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки // Труды международного технического семинара. К 100-летию А.В. Лыкова. – Воронеж, 2010. – С. 160-167.
- [12] Ходаков, Г. С. Физика измельчения. – М.: «Наука», 1972. – 306 с.
- [13] Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. – М.: «Химия», 1977. – 368 С.
- [14] Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: «Химия», 1973. – 752 с.
- [15] Валентас К.Дж., Ротштейн Э., Синх Р.П. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов / пер. с англ. под общ. науч. ред. А.Л. Ишевского. – СПб: Профессия, 2004. – 848 С.

References

- [1] Ivanova E.P., Mitrokhin M.A., Perfilova O.V., Rodionov Yu.V., Skripnikov Yu.G. Razrabotka tekhnologii zakvaski dlya proizvodstva khleba funktsional'nogo naznacheniya [Development of fermentation technology for the production of functional bread], Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo, 2014, no. 1 (50), pp. 260-264.
- [2] Khimicheskii sostav rossiiskikh pishchevykh produktov: Spravochnik [The Chemical Composition of Russian Food Products: A Handbook], pod red. chlen-korr. MAI, prof. I.M. Skurikhina i akademika RAMN prof. V.A. Tutel'yana, M.: DeLi print, 2002, 236 p.
- [3] Krylova V.B., Gustova T.V., Mandzhiyeva N.N. Ispol'zovanie netraditsionnogo zhivotnogo syr'ya v tekhnologii myasnykh i myasorastitel'nykh konservov [The use of non-traditional animal raw materials in the technology of canned meat and meat and vegetable], Myasnaya industriya, M: Redaktsiya zhurnala «Myasnaya industriya», 2010, no. 11, pp. 20-23.
- [4] Rechkalov A.V., Shubina N.I. Tekhnologiya proizvodstva adresnykh BVMK dlya molodnyaka krupnogo rogatogo skota [Production technology of targeted BVMK for young cattle], Razvitie nauchnoi, tvorcheskoi i innovatsionnoi deyatel'nosti molodezhi. Kurgan: Kurganskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya im. T.S. Mal'tseva, 2018, pp. 140-144.
- [5] Rodionov Yu.V., Danilin S.I., Mitrokhin M.A., Uteshev M.V., Mochalin N.N., Ivanova I.V. Vliyanie poroshka pasternaka na kachestvennye pokazateli lapshi i makaronnykh izdelii [The effect of parsnip powder on the quality of noodles and pasta], Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya, 2017, no. 1 (50), pp. 56-61.
- [6] Popova I.V., Rodionov Yu.V., Shcherbakov S.A., Odnol'ko V.G., Skripnikov Yu.G., Mitrokhin M.A. Matematicheskoe modelirovanie kombinirovannoi konvektivnoi vakuuimpul'snoi sushki rastitel'nykh

- produktov [Mathematical modeling of combined convective vacuum-impulse drying of plant products], Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2008, no. 1, pp. 60-65.
- [7] Rodionov Yu.V., Sviridov M.M., Nikitin D.V. Vliyanie konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov na effektivnost' raboty zhidkostnokol'tsevykh vakuum-nasosov [The influence of structural and technological parameters on the performance of liquid ring vacuum pumps], Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. 2007, T. 50, no. 5, pp. 102-104.
- [8] Zorin A.S. Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv kombinirovannoi vakuumnoi sushki rastitel'nogo syr'ya dlya proizvodstva chipsov: avtoref. dis. kand. tekhnicheskikh nauk [Improving the technology and technical means of combined vacuum drying of vegetable raw materials for the production of chips. autoref. dis. Cand. technical sciences]. Michurinsk, 2019, 16 p.
- [9] Popova I.V. Sovershenstvovanie tekhnologii i sredstv sushki ovoshchnogo syr'ya: dis. kand. tekhn. Nauk [Improving the technology and means of drying vegetable raw materials: dis. Cand. tech. of sciences] Michurinsk, 2009, 141 s.
- [10] Vyrashchivanie i kompleksnaya pererabotka tykvy sorta Michurinskay [Growing and complex processing of pumpkins of the Michurinskaya variety], I. V. Ivanova, Yu. V. Rodionov, S. I. Danilin, D. V. Nikitin; nauchnyi redaktor I. V. Ivanova; Ministerstvo sel'skogo khozyaistva RF, Michurinskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. Michurinsk: Michurinskii GAU, 2019, 113 s.
- [11] Rodionov Yu.V., Popova I.V., Shatskii D.A. Sravnitel'nyi analiz effektivnosti sublimatsionnoi i dvukhstupenchatoi konvektivnoi vakuum-impul'snoi sushki [Comparative analysis of the effectiveness of freeze-drying and two-stage convective vacuum-pulse drying], Trudy mezhdunarodnogo tekhnicheskogo seminara. K 100-letiyu A.V. Lykova, Voronezh, 2010, pp. 160-167.
- [12] Khodakov, G. S. Fizika izmel'cheniya [Grinding Physics], M.: «Nauka», 1972. 306 p.
- [13] Sidenko P.M. Izmel'chenie v khimicheskoi promyshlennosti [Chemical industry grinding], M.: «Khimiya», 1977, 368 p.
- [14] Kasatkin A.G. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii [Basic processes and apparatuses of chemical technology], M.: «Khimiya», 1973, 752 p.
- [15] Valentas K.Dzh., Rotshtein E., Sinkh R.P. Pishchevaya inzheneriya: spravochnik s primerami raschetov [Food Engineering: A Handbook of Calculation Examples] per. s angl. pod obshch. nauch. red. A.L. Ishevskogo, SPb: Professiya, 2004, 848 p.
- [16]

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Родионов Юрий Юрьевич аспирант кафедры «Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: five-elements90@mail.ru</p>	<p>Rodionov Yuri Yuryevich postgraduate student of the department «Technologies for the production, storage and processing of crop products» Michurinsky State Agrarian University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: five-elements90@mail.ru</p>
<p>Скоморохова Анастасия Игоревна студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>	<p>Skomorokhova Anastasia Igorevna student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>
<p>Родионов Юрий Викторович доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p>Rodionov Yuri Viktorovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>

Рыбин Георгий Вячеславович студент кафедры «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: enot1237@gmail.com	Rybin Georgy Vyacheslavovich student of the department «Operation of transport-technological machines and complexes» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: enot1237@gmail.com
Алексенцев Денис Сергеевич студент кафедры «Техника и технология производства нанопродуктов» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: aleksentsevds@yandex.ru	Aleksentsev Denis Sergeevich student of the department «Technique and technology for the production of nanoproducts» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: aleksentsevds@yandex.ru

Увеличение эффективности работы одношнекового экструдера

Фролов Д.И., Потапов М.А.

Аннотация. Экструзия кормов является одним из наиболее энергоемких процессов в промышленности. Одношнековые экструдеры из-за их многочисленных преимуществ имеют большое значение в сельском хозяйстве во всем мире. Чтобы повысить эффективность процесса экструзии сырья, был разработан шнек экструдера с рифленой кромкой. Данная конструкция обеспечивает условие ограничения экструдруемого материала, что помогает уменьшить утечку сырья через зазор между кромкой шнека и стенкой цилиндра экструдера. Следовательно, целью данного исследования является повышение эффективности работы экструдера путем оптимизации рабочих параметров, на основе изучения взаимодействия подающего и винтового элементов. В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований, проводимых в лабораторных условиях с использованием экструдера ЭК-40. Определение влияния факторов, а именно типа шнека с различной высотой канавок на кромке винта, содержания влаги в экструдруемом материале и ширина отверстия питателя на эффективность работы экструдера, было выполнено с использованием трехфакторного эксперимента и методологии поверхности отклика. Выявлены оптимальные параметры работы, при которых обеспечивается максимальная эффективность работы экструдера. При этом эффективность работы экструдера возрастает на 23-25% по сравнению со стандартным шнеком с ровной поверхностью кромки.

Ключевые слова: экструдер, шнек, кромка, эффективность работы, поверхность отклика.

Для цитирования: Фролов Д.И., Потапов М.А. Увеличение эффективности работы одношнекового экструдера // Инновационная техника и технология. 2020. № 2 (23). С. 42–47.

Increasing the efficiency of a single screw extruder

Frolov D.I., Potapov M.A.

Abstract. Feed extrusion is one of the most energy intensive processes in the industry. Because of their many advantages, single screw extruders are of great importance in agriculture around the world. To increase the efficiency of the extrusion process of raw materials, an extruder screw with a grooved edge was developed. This design provides a condition for limiting the extrudable material, which helps to reduce the leakage of raw materials through the gap between the screw edge and the wall of the extruder barrel. Therefore, the purpose of this study is to increase the extruder's efficiency by optimizing operating parameters, based on the study of the interaction of the feed and screw elements. This article presents the results of experimental studies conducted in laboratory conditions using an EC-40 extruder. Determining the influence of factors, namely, the type of screw with different height of the grooves on the screw edge, the moisture content in the extrudable material and the width of the feeder hole on the extruder efficiency, was carried out using a three-factor experiment and the response surface methodology. The optimal operating parameters have been identified at which the maximum efficiency of the extruder is ensured. At the same time, the extruder efficiency increases by 23-25% compared with a standard screw with a flat edge surface.

Keywords: extruder, screw, edge, efficiency, response surface.

For citation: Frolov D.I., Potapov M.A. Increasing the efficiency of a single screw extruder. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.2 (23). pp. 42–47. (In Russ.).

Введение

Экструдеры, оснащенные шнеком, имеют большое значение в сельском хозяйстве во всем мире. Одношнековые экструдеры наиболее широко используются для экструзии сырья и смесей. Они изготавливаются с винтами разного диаметра, шага винта и конфигурации. Винт имеет ровную поверхность кромки. Однако у них есть серьезный недостаток. В частности, из-за проскальзывания материала происходит утечка сырья через зазор между поверхностью кромки шнека и внутренней стенкой цилиндра экструдера. Это приводит к снижению производительности и эффективности работы экструдера. Вопросы повышения производительности и эффективности работы экструдера, а также качества экструдата зависят от рабочих параметров экструдера, в частности, от конструкции шнека [8-12].

Разработка шнека с рифленой поверхностью обеспечивает уменьшение утечки подачи через зазор между поверхностью кромки шнека и стенкой цилиндра экструдера за счет создания условий для удержания экструдированного материала.

Шнек экструдера с ровной поверхностью кромки был разработан и исследован многими исследователями [2, 5, 6]. При этом оптимизация параметров экструдера с использованием эксперимента была проведена многочисленными исследователями [1, 3, 4, 7].

Следовательно, данное исследование направлено на повышение эффективности работы экструдера путем оптимизации рабочих параметров, на основе изучения взаимодействия подающего и винтового элементов.

Объекты и методы исследований

Для повышения эффективности процесса экструзии сырья и смесей был разработан шнек экструдера с рифленой поверхностью кромки. Рифленая кромка приводит к увеличению коэффициента трения во время работы экструдера, поскольку рифленая поверхность заполнена материалом и возникает внутреннее трение между частицами материала. Следовательно, это приводит к ограничению ма-

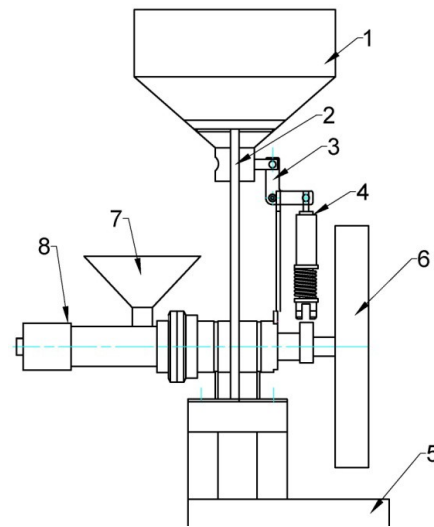


Рис. 1. Экструдер ЭК-40: 1 - бункер; 2 - держатель бункера; 3 - механизм подачи смеси; 4 - толкатель; 5 - рама; 6 - ведомое колесо; 7 - приемная воронка; 8 - рабочая часть

териала, подлежащего экструзии между поверхностью кромки шнека и стенкой цилиндра экструдера. Таким образом, этот тип конструкции обеспечивает улучшенное взаимодействие шнека подачи с экструдером с точки зрения уменьшения утечки сырья, тем самым увеличивая эффективность работы экструдера.

Для подтверждения этой гипотезы были проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях с использованием экструдера ЭК-40 для изучения влияния рабочих параметров на эффективность работы экструдера.

Процесс экструзии происходит следующим образом. Электродвигатель, установленный в раме 5 через ременную передачу, вращает шнек, расположенный в рабочей части 8 в цилиндрическом цилиндре (рис. 1.). Часть материала, подготовленная для экструзии, вручную подается в бункер 1 смеси. Механизм подачи 3 приводится в движение через эксцентрик. Материал подается через приемную воронку 7, соединенную непосредственно с цилиндром, установленной на раме 5. Масса захватывается шнеком и движется вдоль оси экструдера к формирующей головке, которая закреплена на рабочей части 8. Созданное давление в цилиндре экструдера выдавливает экструдат через отверстия матрицы наружу.

Основными исследуемыми факторами были: тип шнека с различной высотой канавок на кромках, влагосодержание зернового материала и ширина отверстия питателя.

В ходе экспериментов использовались 3 типа одиночного винта с различной высотой канавок на кромке, величина которых составляла 0; 0,5 и 1 мм. Экспериментальные исследования проводились с зерновым материалом (пшеницей), содержание влаги в котором изменялось путем добавления воды и контролировалось влагомером. Значение влагосодержания составило 18, 22 и 26%. Подача зернового материала осуществлялась путем открытия

Таблица 1 – Кодирование уровней факторов

Уровень фактора	Факторы		
	X1	X2	X3
Верхний уровень (+1)	18	0	15
Основной уровень (0)	22	0,5	25
Нижний уровень (-1)	26	1	35
Интервал варьирования	4	0,5	10

Таблица 2 – Матрица трехфакторного эксперимента в кодированных значениях

Планир. план	3 факт. план Бокса-Бенкена			
	X1	X2	X3	Y
1	-1	-1	0	22,72
2	1	-1	0	19,12
3	-1	1	0	18,58
4	1	1	0	22,42
5	-1	0	-1	12,48
6	1	0	-1	16,36
7	-1	0	1	11,92
8	1	0	1	16,34
9	0	-1	-1	10,51
10	0	1	-1	18,26
11	0	-1	1	11,53
12	0	1	1	12,47
13	0	0	0	24,55
14	0	0	0	24,47
15	0	0	0	24,59

Таблица 3 – Матрица трехфакторного эксперимента в раскодированных значениях

Планир. план	3 факт. план Бокса-Бенкена (Таблица данных 1)			
	X1	X2	X3	Y
1	26	1	25	22,72
2	18	1	25	19,12
3	26	0	25	18,58
4	18	0	25	22,42
5	26	0,5	35	12,48
6	18	0,5	35	16,36
7	26	0,5	15	11,92
8	18	0,5	15	16,34
9	22	1	35	10,51
10	22	0	35	18,26
11	22	1	15	11,53
12	22	0	15	12,47
13	22	0,5	25	24,55
14	22	0,5	25	24,47
15	22	0,5	25	24,59

горловины питателя на 15, 25 и 35 мм, соответствующих минимальному, среднему и максимальному уровням соответственно. Значения кодирования этих факторов приведены в таблице 1.

В качестве критерия оптимизации был рассмотрен показатель эффективности экструдера Q/N (кг/кВт·ч). Этот показатель позволяет определить эффективность работы экструдера и объективно оценить взаимосвязь между производительностью и потреблением энергии для процесса экструзии. Определение влияния исследуемых факторов на эффективность работы экструдера проводилась с использованием трёхфакторного эксперимента и

методологии поверхности отклика. Для этого были проведены трехфакторные эксперименты по проектированию на трех уровнях вариативности, матрица проектирования которых представлена в таблице 2. План эксперимента и математическая обработка были выполнены с использованием программы Statistica.

Результаты и их обсуждение

После проведения экспериментальных исследований доверительные интервалы оценивались по критерию Стьюдента, адекватность модели - по критерию Фишера. На основании результатов исследования было получено уравнение регрессии, описывающее влияние высоты канавок на кромке шнека, влагосодержания зерна и ширина отверстия питателя на эффективность работы экструдера в процессе экструдирования зернового материала. Уравнение предсказания в закодированном виде имеет следующий вид:

$$Y = 24,537 + 1,0675X_1 - 1,372X_1^2 + 0,98125X_2 - 2,455X_2^2 - 0,6688X_3 - 8,890X_3^2 + 1,8600X_1 \cdot X_2 + 0,135X_1 \cdot X_3 - 1,703X_2 \cdot X_3$$

Наиболее существенное влияние на эффективность работы экструдера оказывают квадратичные факторы, в частности, X_2 (высота канавок на кромке шнека) и X_3 (ширина питателя). Следующими по важности являются парные взаимодействия X_1X_2 и X_2X_3 , тогда как наименее значимые имеют линейные коэффициенты X_3 и X_2 . Увеличение значений линейных факторов X_1 , X_2 и уменьшение значения фактора X_3 приводит к увеличению эффективности работы экструдера.

Величина отрицательный знак коэффициентов X_3 и X_3^2 указывают на то, что с увеличением ширина отверстия питателя эффективность снижается. Интерпретация различных знаков для парных взаимодействий X_1X_2 и X_2X_3 приводит к тому, что величина этих факторов может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на эффективность работы экструдера.

Графики реакции влияния исследуемых факторов на эффективность работы экструдера показаны на рисунках 2-4.

Анализ отклика поверхности участка влияния исследуемых факторов X_1 (влагосодержание зерна) и X_2 (высота канавок кромки шнека) на эффективность работы экструдера показывает, что максимальное значение критерия Y ($Q/N=25,15$ кг/кВт·ч) обеспечивается при влагосодержании зерна 19,2% (рис. 2). Для коэффициента X_2 максимальное значение критерия достигается при высоте канавок кромки винта $H=0,23$ мм.

Анализ графика зависимости влияния факторов X_1 (влагосодержание зерна) и X_3 (ширина отверстия питателя) на эффективность работы экструдера показывает, что максимальное значение

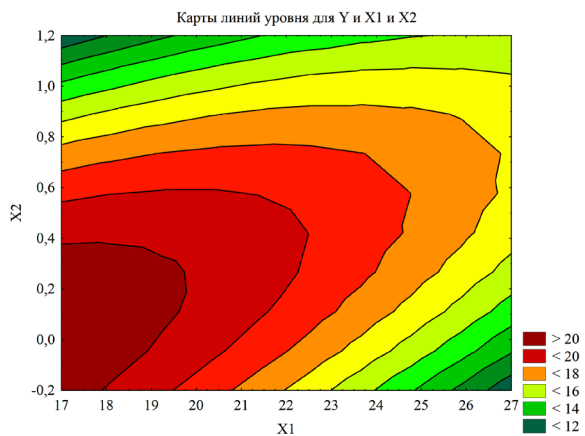


Рис. 2. График влияния влагосодержания зерна X_1 и высоты канавок кромки шнека X_2 на эффективность работы экструдера

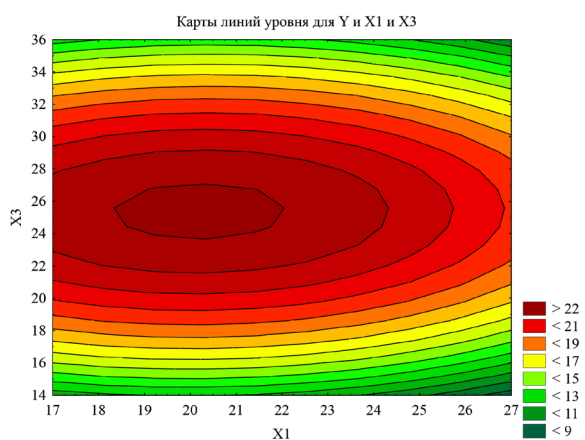


Рис. 3. График влияния влагосодержания зерна X_1 и ширины отверстия питателя X_3 на эффективность работы экструдера

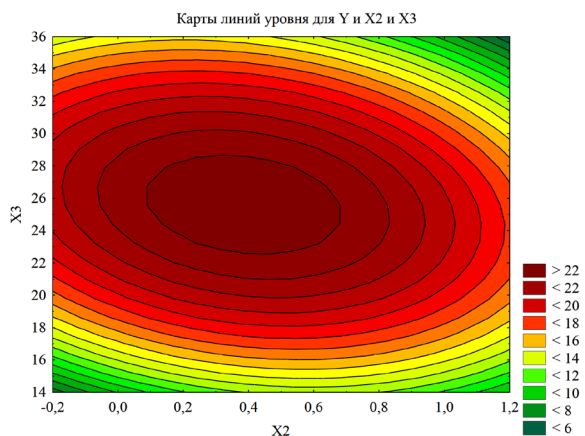


Рис. 4. График влияния высоты канавок кромки шнека X_2 и ширины отверстия питателя X_3 на эффективность работы экструдера

эффективности работы экструдера $Q/N=24,77$ кг/кВт·ч достигается для фактора X_1 , равного влагосодержанию зерна 19,5% (рис. 3). Для фактора X_3 максимальное значение эффективности работы экструдера приводится при соответствующей ширине отверстия питателя $V=25,38$ мм.

Анализ графика зависимости поверхности влияния факторов X_2 (высота канавок кромки шнека) и X_3 (ширина отверстия питателя) на

эффективность работы экструдера показывает, что максимальное значение эффективности производительности экструдера $Q/N=24,68$ кг/кВт·ч достигается для коэффициента X_2 , который соответствует высоте канавок кромки винта $H=0,11$ мм (рис. 4). Максимальное значение критерия для коэффициента X_3 находится при соответствующей ширине отверстия питателя $V=25,59$ мм.

Таким образом, были выявлены оптимальные значения параметров работы: влажность зерна $W=19,2-19,6\%$, высота канавок кромки шнека $H=0,11-0,23$ мм и ширина отверстия питателя $V=25,4-25,6$ мм. При указанных значениях параметров максимальное значение КПД экструдера составляет 24,7–25,2 кг/кВт·ч.

Полученные результаты сравнительных исследований выявили, что при выбранных параметрах работы: высота пазов винтовой кромки шнека $H=0,11-0,23$ мм и ширина отверстия питателя $V=25,4-25,6$ мм и оптимальная влажность зерна $W=19,2-19,6\%$, эффективность работы экструдера увеличивается на 23–25% по сравнению со стандартным шнеком с ровной поверхностью кромки.

Выводы

Шнеки экструдера с ровной поверхностью кромки имеют низкую эффективность из-за утечки подачи через зазор между поверхностью кромки шнека и внутренней стенкой цилиндра экструдера из-за проскальзывания материала.

Разработка шнека рифленой поверхностью кромки обеспечивает уменьшение утечки подачи из-за удержания материала между поверхностью кромки лопасти шнека и стенкой цилиндра экструдера, при этом повышается эффективность работы экструдера.

Экспериментальные исследования выявили влияние выбранных факторов, в частности, типа шнека с различной высотой канавок на кромке, влажности зерна и ширины отверстия питателя на эффективность работы экструдера. В качестве критерия оптимизации был рассмотрен показатель эффективности, который позволяет определять эффективность экструдера и оценивать взаимосвязь между производительностью и потребляемой мощностью процесса экструзии.

Были выявлены оптимальные параметры работы: влажность зерна $W=19,2-19,6\%$, высота канавок кромки шнека $H=0,11-0,23$ мм и ширина отверстия питателя $V=25,4-25,6$ мм, что обеспечивает максимальную эффективность экструдера.

Сравнительные исследования показали, что при выбранных рабочих параметрах эффективность работы экструдера увеличивается на 23–25% по сравнению со стандартным шнеком с ровной поверхностью кромки.

Список литературы

- [1] Altan, A., McCarthy, K. L. & Maskan, M. (2008). Extrusion cooking of barley flour and process parameter optimization by using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(9), 1648-1659.
- [2] Deng, J., Li, K., Harkin-Jones, E., Price, M., Karnachi, N., Kelly, A., Vera-Sorroche, J., Coates, P., Brown, E. & Fei, M. (2014). Energy monitoring and quality control of a single screw extruder. *Applied Energy*, 113, 1775-1785.
- [3] Karunanithy, C. & Muthukumarappan, K. (2011). Optimization of switchgrass and extruder parameters for enzymatic hydrolysis using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 33(1), 188-199.
- [4] Liang, Y., Hosahalli, S. R. & Joyce, B. (2012). Twin-screw extrusion of corn flour and soyprotein isolate (SPI) blends: a response surface analysis. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 485-497.
- [5] Michelangelli, O. P., Gaspar-Cunha, A. & Covas, J. A. (2014). The influence of pellet-barrel friction on the granular transport in a single screw extruder. *Powder Technology*, 264, 401-408.
- [6] Roland, W., Marschik, C., Krieger, M., Low-Baselli, B. & Miethlinger, J. (2019). Symbolic regression models for predicting viscous dissipation of three-dimensional non-Newtonian flows in single-screw extruders. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 268, 12-19.
- [7] Shihani, N., Kumbhar, B. K. & Kulshreshtha, M. (2006). Modeling of extrusion process using response surface methodology and artificial neural networks. *Journal of Engineering Science and Technology*, 1(1), 31-40.
- [8] Курочкин А.А., Фролов Д.И., Воронина П.К. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4 (32). С. 172–177.
- [9] Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Нива Поволжья. 2014. № 30. С. 70–76.
- [10] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [11] Теоретическое обоснование термовакuumного 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.
- [12] Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // Volga Region Farmland. 2019. № 2 (2). P. 87–94.

References

- [1] Altan, A., McCarthy, K. L. & Maskan, M. (2008). Extrusion cooking of barley flour and process parameter optimization by using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (9), 1648-1659.
- [2] Deng, J., Li, K., Harkin-Jones, E., Price, M., Karnachi, N., Kelly, A., Vera-Sorroche, J., Coates, P., Brown, E. & Fei, M. (2014). Energy monitoring and quality control of a single screw extruder. *Applied Energy*, 113, 1775-1785.
- [3] Karunanithy, C. & Muthukumarappan, K. (2011). Optimization of switchgrass and extruder parameters for enzymatic hydrolysis using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 33 (1), 188-199.
- [4] Liang, Y., Hosahalli, S. R. & Joyce, B. (2012). Twin-screw extrusion of corn flour and soyprotein isolate (SPI) blends: a response surface analysis. *Food and Bioprocess Technology*, 5 (2), 485-497.
- [5] Michelangelli, O. P., Gaspar-Cunha, A. & Covas, J. A. (2014). The influence of pellet-barrel friction on the granular transport in a single screw extruder. *Powder Technology*, 264, 401-408.
- [6] Roland, W., Marschik, C., Krieger, M., Low-Baselli, B. & Miethlinger, J. (2019). Symbolic regression models for predicting viscous dissipation of three-dimensional non-Newtonian flows in single-screw extruders. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 268, 12-19.
- [7] Shihani, N., Kumbhar, B. K. & Kulshreshtha, M. (2006). Modeling of extrusion process using response surface methodology and artificial neural networks. *Journal of Engineering Science and Technology*, 1 (1), 31-40.
- [8] Kurochkin A.A., Frolov D.I., Voronina P.K. Determination of the main parameters of the vacuum chamber of a modernized extruder // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. No. 4 (32). pp. 172-177.
- [9] Modeling the process of obtaining extrudates based on a new technological solution / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // Niva Volga. 2014. No. 30. pp. 70–76.
- [10] 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.

- [11] 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. Voronina // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No 3. pp. 15–20.
- [12] Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // Volga Region Farmland. 2019.No 2 (2). pp. 87–94.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>
<p>Потанов Максим Александрович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440045, Пенза, ул. Ульяновская, д. 36, кв. 37 Тел.: +7(962) 473-86-96 E-mail: torrentskachat@mail.ru</p>	<p>Potapov Maxim Alexandrovich postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(962) 473-86-96 E-mail: torrentskachat@mail.ru</p>

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 633.11

Тенденции производства пшеницы в России

Зимняков В.М.

Аннотация. Отмечена одна из основных задач сельского хозяйства – быстрое и устойчивое наращивание производства зерна, представлено значение пшеницы как основного сырья для хлебопекарной промышленности в России. Дана динамика показателей посевных площадей пшеницы в хозяйствах всех категорий в России, а также представлена корреляция показателей посевных площадей, урожайности и валовых сборов пшеницы в России в 2008-2018 г.г. Описано производство пшеницы в Пензенской области, приведена структура посевных площадей зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий Пензенской области, наибольшую площадь занимает пшеница – 64,2%. Представлен валовый сбор и урожайность пшеницы в Пензенской области в 2018 году. Дан прогноз развития экономики региона в области переработки зерна, отмечено, что разрабатывается масштабный инвестиционный проект по строительству нового завода по переработке пшеницы в Пензенской области.

Ключевые слова: анализ, пшеница, объем, производство, посевная площадь, валовые сборы, урожайность, структура, экспорт.

Для цитирования: Зимняков В.М. Тенденции производства пшеницы в России // Инновационная техника и технология. 2020. № 2 (23). С. 48–52.

Trends in wheat production in Russia

Zimnyakov V.M.

Abstract. One of the main tasks of agriculture – rapid and sustainable increase in grain production is noted, and the importance of wheat as the main raw material for the baking industry in Russia is presented. The dynamics of indicators of wheat acreage in farms of all categories in Russia is given, and the correlation of indicators of acreage, yield and gross wheat harvest in Russia in 2008-2018 is presented. It describes the production of wheat in the Penza region, shows the structure of sown areas of grain and leguminous crops in farms of all categories of the Penza region, the largest area is occupied by wheat-64.2%. The gross harvest and yield of wheat in the Penza region in 2018 is presented. The forecast of development of the region's economy in the field of grain processing is given, it is noted that a large-scale investment project is being developed for the construction of a new wheat processing plant in the Penza region.

Keywords: sanalysis, wheat, volume, production, sown area, gross yield, yield, structure, export.

For citation: Zimnyakov V.M. Trends in wheat production in Russia . Innovative Machinery and Technology. 2020. No.2 (23). pp. 48–52. (In Russ.).

Введение

Основная задача в сельском хозяйстве, выдвигая продовольственной программой, – быстрое и устойчивое наращивание производства зерна. Производство пшеницы должно составить около половины от общего производства зерна в нашей стране. Особенно большое внимание обращено на повышение урожайности и качество зерна ценных сортов пшеницы, из которых изготавливают высококачественный хлеб, макароны, крупы и т. п., на сокращение потерь при уборке и хранении зерна. В состав зерна входят белки, жиры, углеводы. Больше всего углеводов – до 70 г. на 100г. продукта, крахмала – до 70 г, жиров – до 2,5 г, пищевых волокон – до 10 г, дисахаридов – до 3г. Зерна пшеницы содержат белок – до 14 г. на 100 г. При набухании белки поглощают до 300% воды, по отношению к сухому весу и образуют вязкую, эластичную массу – клейковину. Особые свойства клейковины позволяют выпекать из муки пшеницы пористый хлеб, макароны высокого качества, кондитерские изделия [4,5].

Ускоренное наращивание производства высококачественного зерна пшеницы является приоритетным направлением для удовлетворения жизнен-

ных и экономических интересов населения страны. Оно имеет такое же стратегически важное значение, как и увеличение валовых сборов озимой и яровой пшеницы – главной национальной продовольственной зерновой культуры [1,2].

В настоящее время производство пшеницы в стране характеризуется положительными тенденциями, однако, несмотря на рост ее валового сбора, низкое качество зерна снижает его конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынке. Существенные изменения за последнее десятилетие произошли в производстве яровой и озимой пшеницы, в результате чего озимая культура заняла ведущее место, как в структуре посевов всей пшеницы, так и в структуре зернового клина страны. На долю посевов яровой и озимой культуры в структуре посевной площади всей пшеницы приходится 47,9 и 52,1 %, соответственно, а в производстве зерна ее удельный вес составляет 28,2 и 71,8, соответственно. Несмотря на достигнутые положительные результаты на мировом рынке, качество зерна пшеницы остается на очень низком уровне. В современных экономических условиях перспективно и значимо уделить внимание повышению конкурентоспособности и расширению производства отечественного высоко-

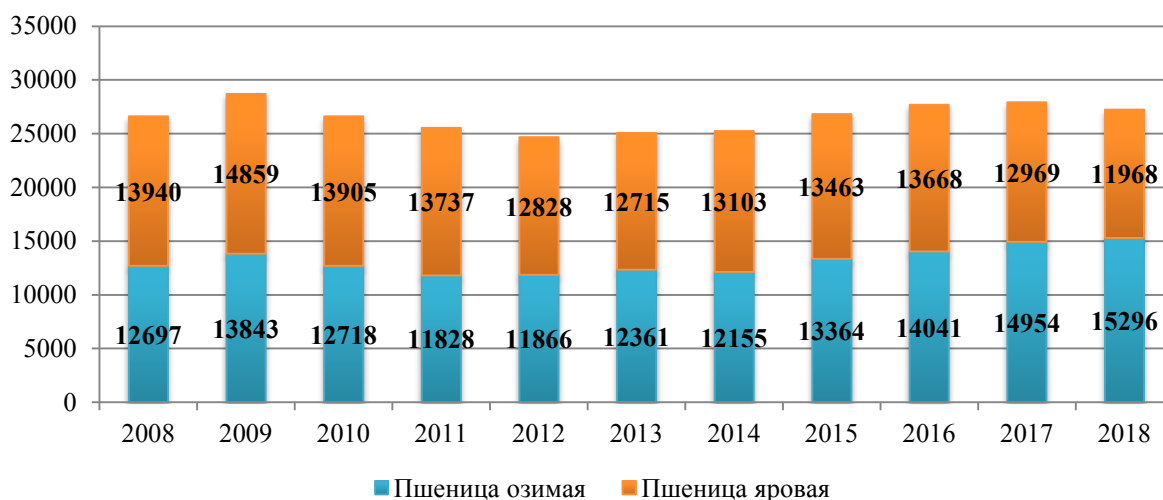


Рис. 1 Посевные площади пшеницы в хозяйствах всех категорий в России в 2008-2018 гг, тыс. га

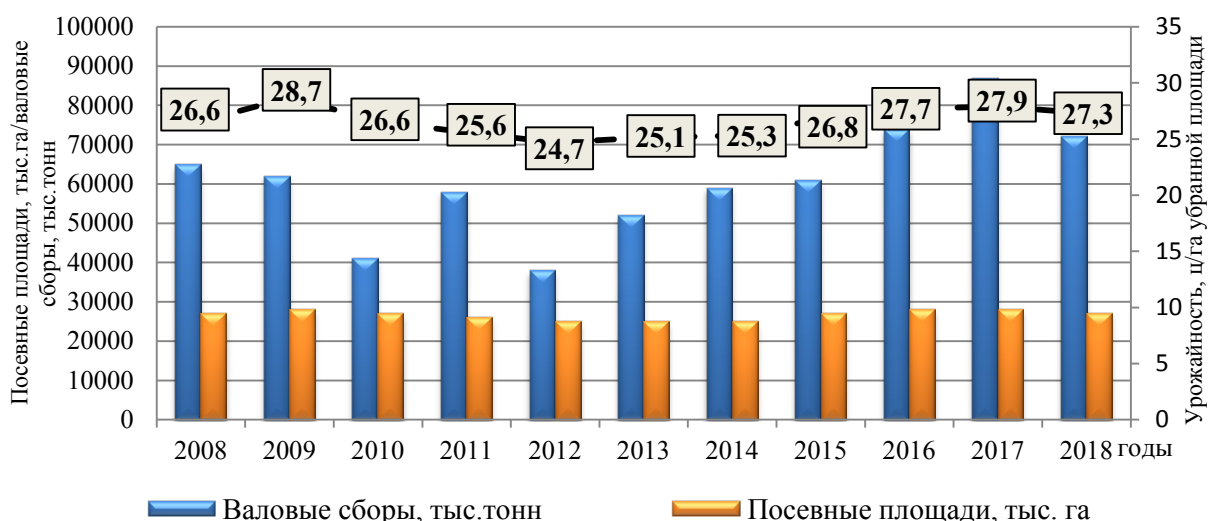


Рис.2 Корреляция показателей посевных площадей, урожайности и валовых сборов пшеницы в России в 2008-2018 гг.

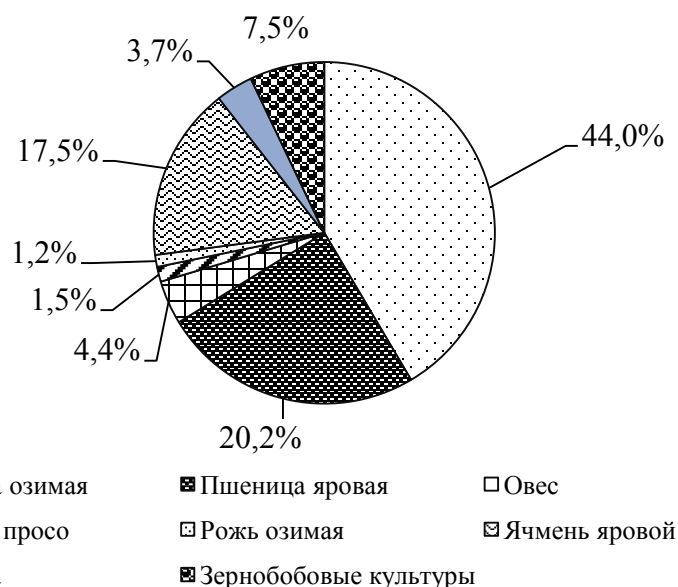


Рис. 3 Структура посевных площадей зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий Пензенской области

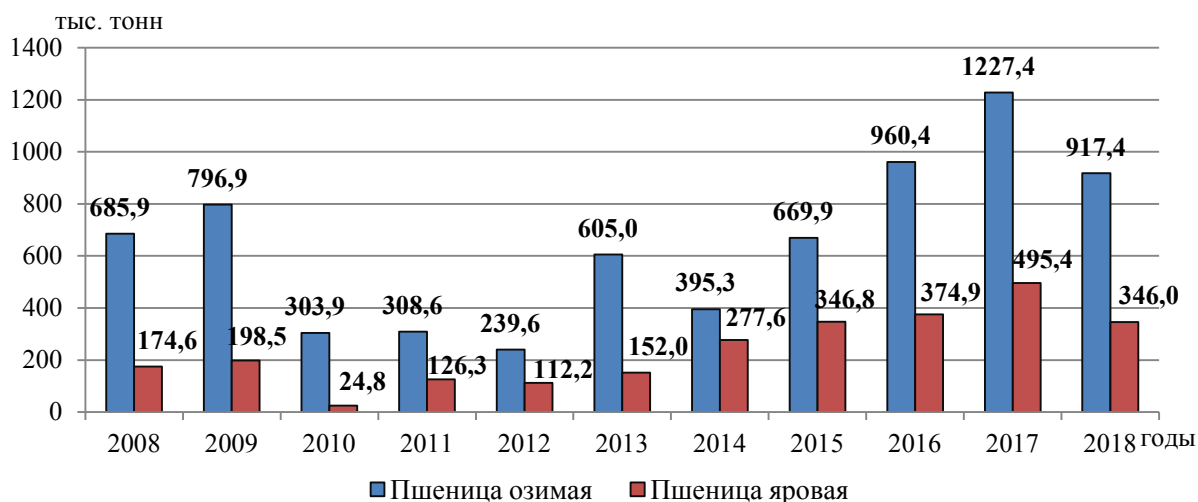


Рис. 4 Валовый сбор пшеницы в хозяйствах всех категорий Пензенской области в 2008-2018 гг., тыс. тонн

качественного зерна пшеницы, чтобы сохранить и преумножить позицию России на внешнем рынке зерна. Необходимо обеспечить устойчивое эффективное развитие производства пшеницы в стране на долгосрочную перспективу [7,8].

Важное значение для развития производства пшеницы играет экспорт данной культуры. Структура экспорта зерновых культур с 2008 по 2018 гг. поменялась незначительно. Пшеница по-прежнему формирует основную часть экспорта зерновых культур, за десять лет её доля увеличилась на 11,0%. Повышение качества производимой в России пшеницы обеспечит расширение экспортного потенциала и конкурентного преимущества зерна на мировом зерновом рынке, что укрепит экономику России [6].

Целью работы является изучение современного состояния производства пшеницы в России и Пензенской области.

Результаты и их обсуждение

В 2018 году в России пшеница (озимая и яровая) была посеяна на площади в 27 264,0 тыс. га (озимая – 15296 тыс. га, а, яровая – 11968 тыс. га), что на 2,4% или на 660,0 тыс. га меньше показателей 2017 года. На озимую пшеницу в 2018 году пришлось 56,1% всех посевов, на яровую – 43,9%. За прошедшие 10 лет размеры посевных площадей пшеницы в России увеличились незначительно – на 2,3% (на 627,0 тыс. га) (Рис.1).

Валовый сбор пшеницы за прошедшие 10 лет (по отношению к 2008 году) увеличился на 13,0 % или на 8,287 млн. тонн. В 2018 году произошло снижение валового сбора пшеницы в РФ на 16,2 % по сравнению с 2017 годом. Это произошло из-за сокращения площадей пшеницы и снижения урожайности (Рис. 2).

В 2018 году урожайность пшеницы в России составила 27,3 ц/га. За год урожайность снизилась

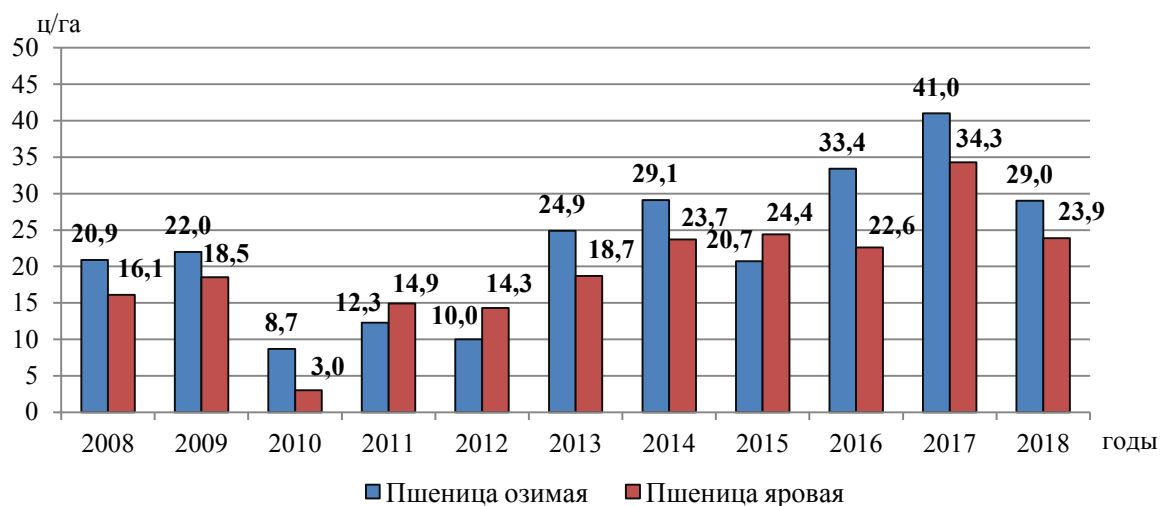


Рис. 5 Урожайность пшеницы в хозяйствах всех категорий Пензенской области в 2008-2018 ц/га убранной площади

на 2,2 % (на 0,6 ц/га), за 10 лет выросла на 2,6% (на 0,7 ц/га). Возделывание пшеницы в России носит интенсивный характер. Прирост урожайности обеспечивается во многом не за счет расширения площадей, а за счет внедрения передовых технологий в процессе выращивания [3].

Одним из регионов, в котором возделывается пшеница, является Пензенская область. В 2019 году посевная площадь сельхозкультур в Пензенской области на 2,7% превысила показатель 2018-го. Она составила 1418 тыс. гектаров. По данным Пензастата, рост общей посевной площади обусловлен расширением посевов зерновых и зернобобовых культур (на 11,5%) и подсолнечника (на 8,7%). Наибольшую площадь занимает пшеница – 64,2% (пшеница озимая 44,0%, пшеница яровая – 20,2%) (Рис.3).

Наибольший объем урожая зерна в 2018 году приходится на пшеницу. Валовые сборы пшеницы в хозяйствах всех категорий Пензенской области в 2018 году снизились по сравнению с 2017 годом (пшеница озимая на 310,0 тыс. тонн (25,3%), а пшеница яровая на 149,4 (30,2%) (Рис. 4).

Урожайность пшеницы в хозяйствах всех категорий Пензенской области в 2018 году также снизилась по сравнению с 2017 годом, (пшеница озимая на 12 ц/га (29,3%), а пшеница яровая на 10,4 ц/га (30,3%) (Рис. 5).

Согласно данным Пензастата, в 2019 году в хозяйствах всех категорий получено более 1 млн. 850 тыс. тонн зерновых и зернобобовых культур, что на 6% выше уровня 2018 года. Урожайность зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий составила 24,8 центнера с га. В 2018 году показатель был выше – 25,4 центнера с га. Основная часть – 1 млн. 451 тыс. тонн, или свыше 78% – выращена в сельхозорганизациях; 389 тыс. тонн, или 21% – в крестьянских (фермерских) хозяйствах и индивидуальными предпринимателями; 10 тыс. тонн, или около 0,6% – в хозяйствах населения.

Важное значение для развития экономики региона имеет и переработка зерна. В настоящий

момент разрабатывается масштабный инвестиционный проект по строительству нового завода по переработке пшеницы в Пензенской области. Под него уже отведен земельный участок площадью 150 тыс. кв. м. в г.Сердобске. Главным инвестором выступает хорошо известная в регионе компания ООО «Технокорд». Основным поставщиком оборудования для оснащения цехов и производственных площадок нового завода будет китайский партнер – компания COFCO CORPORATION. В данный проект запланировано вложить до 21 млрд. рублей инвестиций и освоить их в максимально сжатый срок. Основной деятельностью завода будет глубокая переработка пшеницы, производство глютенa, глюкозно-фруктозного сиропа, лимонной кислоты и высокобелковых кормов для животных. Производственные мощности завода займут мельница, элеватор, автоматизированные линии гранулирования кормов и отрубей и т.д.

Выводы

1. Валовый сбор пшеницы в России в 2008-2018 годах увеличился на 13% (с 63,781 до 72,068 млн. тонн), а урожайность за последние 10 лет выросла на 11,0% (с 24,5 до 27,2 ц/га).

2. В современных экономических условиях перспективно и значимо уделить внимание повышению конкурентоспособности и расширению производства отечественного высококачественного зерна пшеницы, чтобы сохранить и преумножить позицию России на внешнем рынке зерна.

3. Важным резервом для развития производства пшеницы является переработка пшеницы, в Пензенской области разрабатывается масштабный инвестиционный проект по строительству нового завода по глубокой переработке пшеницы, сумма инвестиций составляет 21 млрд. рублей.

Список литературы

- [1] Алтухов А. И. Совершенствование организационно-экономического механизма – необходимое условие увеличение производства высококачественного зерна пшеницы в стране // Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: научное издание. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. С. 5-40.
- [2] Алимova, Г.К. Цена как экономический инструмент стимулирования производства качественного зерна /Алимova Г.К. // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2018. № 3 (70). С. 75-85.
- [3] Зимняков, В.М. Производство пшеницы в России / В.М. Зимняков, А.А. Курочкин, С.В. Богомазов, Е.Н. Варламова // Нива Поволжья. – 2020. – № 1 (55). – С. 87-93.
- [4] Куksин, С.В. Состояние и перспективы развития рынка пшеницы России как составной части мирового рынка зерна / С.В. Куksин // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 135-146.
- [5] Марченко, А. В. Анализ и повышение эффективности производства зерна пшеницы в Пермском крае / А.В. Марченко // Московский экономический журнал. – 2019. – №9. – С. 278-283.
- [6] Романюк, Е.О. К вопросу о производстве и экспорте зерна пшеницы в России / Е.О. Романюк // Евразийское Научное Объединение. – 2017. – Т. 1. № 3 (25).– С. 97-100.
- [7] Силаева, М.П. Современное состояние и условия рационального размещения производства пшеницы / М.П. Силаева, Е.В. Барина // Экономический журнал. – 2019. – №9.– С. 33-42.
- [8] Федоров, Б.К. Прогнозирование темпов роста производства пшеницы в России / Б.К. Федоров, В.В. Агеева // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2018. № 4. С. 147-150.

References

- [1] Altukhov A. I. Sovershenstvovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma – neobkhdimoe uslovie uvelichenie proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy v strane / Nauchnye osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy: nauchnoe izdanie.[Improving the organizational and economic mechanism – a necessary condition for increasing the production of high-quality wheat grain in the country / Scientific bases of production of high-quality wheat grain: scientific publication]. Moskva: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2018. pp. 5-40.
- [2] Alimova, G.K. Tsena kak ekonomicheskii instrument stimulirovaniya proizvodstva kachestvennogo zerna [Price as an economic tool to stimulate the production of high-quality grain]. Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava, 2018, No. 3 (70), pp. 75-85.
- [3] Zimnyakov, V.M., Kurochkin A.A., Bogomazov S.V., Varlamova E.N. Proizvodstvo pshenitsy v Rossii [Wheat production in Russia]. Niva Povolzh'ya, 2020, No.1 (55), pp. 87-93.
- [4] Kuksin, S.V. Sostoyanie i perspektivy razvitiya rynka pshenitsy Rossii kak sostavnoi chasti mirovogo rynka zerna [State and prospects of development of the Russian wheat market as an integral part of the world grain market]. Vestnik NGIEI, 2018, No. 5 (84), pp. 135-146.
- [5] Marchenko, A. V. Analiz i povyshenie effektivnosti proizvodstva zerna pshenitsy v Permskom krae [Analysis and improvement of wheat grain production efficiency in the Perm region]. Moskovskii ekonomicheskii zhurnal, 2019, No. 9, pp. 278-283.
- [6] Romanyuk, E.O. K voprosu o proizvodstve i eksporte zerna pshenitsy v Rossii [On the issue of production and export of wheat grain in Russia]. Evraziiskoe Nauchnoe Ob»edinenie, 2017, T. 1. № 3 (25), pp. 97-100.
- [7] Silaeva, M.P., Barinova E.V. Sovremennoe sostoyanie i usloviya ratsional'nogo razmeshcheniya proizvodstva pshenitsy [Current state and conditions of rational placement of wheat production]. Ekonomicheskii zhurnal, 2019, No. 9, pp. 33-42.
- [8] Fedorov, B.K., Ageeva V.V. Prognozirovaniye tempov rosta proizvodstva pshenitsy v Rossii [Forecasting the growth rate of wheat production in Russia]. Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski, 2018, No.4, pp. 147-150.

Сведения об авторах

Information about the authors

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

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

AUTHOR GUIDELINES

Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей

The procedure for consideration, approval and rejection of articles

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

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

Требования к оформлению статьи

Article requirements

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

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

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

Все страницы должны иметь сплошную нумерацию посередине внизу.

Статья включает следующее.

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

2. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую.

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

употребление сокращений, кроме общепризнанных.

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

5. Ключевые слова (не более 9).

6. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

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

«**Объекты и методы исследований**»:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

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

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

В редакцию предоставляются:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 vypolneniya izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkostei i gazov s pomoshch'yu 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

№2 (23)

2020

Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.

Сдано в производство 27.05.2020. Формат 60X84/8

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

Усл. печ. л. 6,63. Тираж 50 экз.