

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



ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY

№4 (25) 2020

Научно-теоретический и практический журнал

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

№ 4 (25) 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. 4 (25) 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

Технология пшеничного хлеба на закваске с использованием виноградного муста <i>Гапонова В.Е., Слезко Е.И., Исаев Х.М.</i>	5
Сахарное печенье с применением порошка боярышника <i>Гарькина П.К., Горбачева О.Н.</i>	12
Обоснование технологии композитной экструдированной смеси зерна пшеницы и виноградных косточек <i>Курочкин А.А., Кручинина Н.Э.</i>	19
Зависимости свойств экструдатов из ячменя от регулируемых параметров обработки <i>Фролов Д.И., Лукьянова Е.А.</i>	24

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Беспилотные аппараты для сельского хозяйства: обзор и концепция совершенствования <i>Скопинцев К.Ю., Никитин Д.В.</i>	30
Оценка некоторых параметров энергосберегающего экструдера <i>Курочкин А.А., Шептак Т.В.</i>	36
Анализ влияния температуры матрицы и влажности сырья на крутящий момент двигателя экструдера <i>Фролов Д.И., Долгов М.В.</i>	40

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Производство подсолнечного масла в России <i>Зимняков В.М., Кухарев О.Н., Зимняков А.М.</i>	46
---	----

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Снижение бактериальной обсемененности пищевых отходов методом термовакуумной экструзии <i>Потапов М.А., Курочкин А.А.</i>	53
---	----

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

<i>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей</i>	57
<i>Требования к оформлению статьи</i>	57

CONTENTS

FOOD TECHNOLOGY

Technology of wheat bread with leave with the use of grape must <i>Gaponova V.E., Slezko E.I., Isaev H.M.</i>	5
Sugar cookies with application hawthorn powder <i>Garkina P.K., Gorbacheva O.A.</i>	12
Justification of the technology of composite extruded mixture of wheat grain and grape seeds <i>Kurochkin A.A., Kruchinina N.E.</i>	19
Dependences of the properties of barley extrudates on the controlled processing parameters <i>Frolov D.I., Lukyanova E.A.</i>	24

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

Unmanned agriculture: overview and improvement concept <i>Skopintsev K. Yu., Nikitin D.V.</i>	30
Evaluation of some parameters of an energy-saving extruder <i>Kurochkin A.A., Sheptak T.V.</i>	36
Analysis of the influence of the temperature of the matrix and moisture content of the raw material on the torque of the extruder motor <i>Frolov D.I., Dolgov M.V.</i>	40

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

Sunflower oil production in Russia <i>Zimnyakov V.M., Kukharev O.N., Zimnyakov A.M.</i>	46
---	----

ENVIRONMENTAL PROTECTION

Reduction of bacterial contamination of food waste by thermal vacuum extrusion <i>Potapov M.A., Kurochkin A.A.</i>	53
--	----

AUTHOR GUIDELINES

<i>The procedure for consideration, approval and rejection of articles</i>	57
<i>Article requirements</i>	57

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.642.2

Технология пшеничного хлеба на закваске с использованием виноградного муста

Гапонова В.Е., Слезко Е.И., Исаев Х.М.

Аннотация. а) Продажи хлеба и хлебобулочных изделий в России за 2015–2019 г сокращаются. В целом за пятилетний период они снизились на 5,4 % и в 2019 г составили 7,59 млн. т. [1]. Аналогичная ситуация наблюдается и в Брянской области. Потребление хлебобулочных изделий традиционного производства в период 2014 по 2019 г сократилось на 9 % [2]. Всё более устойчивым становится движение населения к правильному здоровому питанию и существующий ассортимент не удовлетворяет запросам современного потребителя. Возникает необходимость поиска новых подходов в решении этого вопроса. Поиск решения вопроса получения здорового хлеба иногда находит ответ в старинных рецептах разных народов. Так, в Гагаузии, до сих пор пекут хлеб на сухих заквасках, полученных на основе виноградного муста, смеси пшеничной или кукурузной муки.

б) Целью исследований явилось разработка технологического процесса получения пшеничного хлеба на основе сухой закваски на основе виноградного муста, определение органолептических и физикохимических показателей такого хлебобулочного изделия, разработка технико-технологической карты данного изделия.

Объектом исследований явился выпеченный пшеничный хлеб, приготовленный на основе закваски из виноградного муста и кукурузной муки. Закваску подвергли микробиологическому исследованию в лаборатории Федеральной службы по ветеринарному и санитарному надзору ФГБУ «Брянская межобластная ветеринарная лаборатория» (выписка из Протокола испытаний № 18–10999 от 30.05.2018г). Оценку органолептических показателей (внешний вид, цвет корки, состояние мякиша, запах, вкус) по ГОСТ 5667–75 и физико-химических: влажность (ГОСТ 2109–75), пористость пробником Журавлева (ГОСТ 5669–96), кислотность (ГОСТ 5670–96).

в) Пшеничный хлеб на закваске из виноградного муста процесс не сложный, но длительный. На приготовление опары уходит 6–7 часов. Процесс создания опары проходит в 2 этапа (первый – это замачивание и набухание заквасочной лепешки; второй – разрасстание дрожжевых клеток). Замес и созревание теста пшеничного хлеба составляет 2–2,5 часа. Влажность теста – 50%, продолжительность всего процесса приготовления хлеба занимает 8–10 часов.

Энергетическая ценность изделия составила 242 ккал. Выход изделия составил 160%, кислотность готового изделия – 4,3. Масса одного хлебобулочного изделия составила – 730–740 г. Выпекать такой хлеб необходимо при температуре 190–200 °С.

г) Выпеченный пшеничный хлеб отличался высокими вкусовыми органолептическими и физико-химическими показателями. Такой хлеб не вызывает вздутия кишечника и благотворно влияет на его микрофлору.

Ключевые слова: закваска, технология, хлеб, замес, опара, тесто.

Для цитирования: Гапонова В.Е., Слезко Е.И., Исаев Х.М. Технология пшеничного хлеба на закваске с использованием виноградного муста // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 5–11.

Technology of wheat bread with leave with the use of grape must

Gaponova V.E., Slezko E.I., Isaev H.M.

Abstract. а) Sales of bread and bakery products in Russia for 2015–2019 are decreasing. In

general, over a five-year period, they decreased by 5.4 % and in 2019 amounted to 7.59 million tons [1]. A similar situation is observed in the Bryansk region. Consumption of traditional bakery products in the period 2014–2019 decreased by 9 % [2]. The movement of the population towards proper healthy nutrition is becoming more and more stable and the existing assortment does not meet the needs of the modern consumer. There is a need to search for new approaches to solving this issue. The search for a solution to the issue of obtaining healthy bread sometimes finds an answer in the old recipes of different peoples. Thus, in Gagauzia, bread is still baked using dry sourdoughs derived from grape must, a mixture of wheat or corn flour.

b) The purpose of the research was to develop a technological process for producing wheat bread based on dry sourdough based on grape must, to determine the organoleptic and physicochemical characteristics of such a bakery product, to develop a technical and technological map of this product.

The object of research was baked wheat bread, prepared on the basis of sourdough from grape must and corn flour. The starter culture was subjected to microbiological research in the laboratory of the Federal Service for Veterinary and Sanitary Supervision of the Federal State Budgetary Institution «Bryansk Interregional Veterinary Laboratory» (extract from the Test Protocol No. 18–10999 dated 30.05.2018). Evaluation of organoleptic indicators (appearance, crust color, crumb condition, smell, taste) according to GOST 5667–75 and physical and chemical: humidity (GOST 2109–75), porosity with Zhuravlev's probe (GOST 5669–96), acidity (GOST 5670–96).

c) Wheat bread made from grape must, the process is not complicated, but time-consuming. It takes 6–7 hours to prepare the dough. The process of creating a dough takes place in 2 stages (the first is the soaking and swelling of the starter cake; the second is the proliferation of yeast cells). The kneading and ripening of wheat bread dough is 2–2.5 hours. The moisture content of the dough is 50%, the duration of the whole process of making bread takes 8–10 hours.

The energy value of the product was 242 kcal. The product yield was 160 %, the acidity of the finished product was 4.3. The mass of one bakery product was 730–740 g. It is necessary to bake such bread at a temperature of 190–200 °C.

d) Baked wheat bread was distinguished by high taste, organoleptic and physico-chemical characteristics. Such bread does not cause bloating in the intestines and has a beneficial effect on its microflora.

Keywords: leaven, technology, bread, kneading, dough, dough.

For citation: Gaponova V.E., Slezko E.I., Isaev H.M. Technology of wheat bread with leave with the use of grape must. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.4 (25). pp. 5–11. (In Russ.).

Введение

По оценкам BusinesStat, в 2015-2019 гг продажи хлеба и хлебобулочных изделий в России ежегодно сокращались. В целом за пятилетний период они снизились на 5,4 % и в 2019 г составили 7,59 млн т. [1]. Аналогичная ситуация наблюдается и в Брянской области. Потребление хлебобулочных изделий традиционного производства в период 2014 по 2019 г сократилось на 9 % [2]. Всё более устойчивым становится движение населения к правильному здоровому питанию и существующий ассортимент не удовлетворяет запросам современного потребителя. Переориентация на более дорогие сорта хлеба происходит медленно, тем самым подталкивая рынок хлеба и хлебобулочных изделий к развитию здоровой конкуренции [3].

В свете данных тенденций необходимо изыскивать возможности для расширения производства в частных минипекарнях здорового и полезного хлеба [4]. На протяжении многих столетий люди выпекали хлеб на различных заквасках.

Закваска – это полуфабрикат хлебопекарного

производства, полученный сбраживанием питательной смеси молочнокислыми бактериями или молочнокислыми бактериями и хлебопекарными дрожжами или другими микроорганизмами, применяемыми в хлебопекарной промышленности (ГОСТ 32677-2014) [5].

В настоящее время в хлебопекарной промышленности России применяют несколько видов заквасок: одноразовые на клостридиуме, жидкие на хмеле; закваски с добавлением дрожжей (закваска-американка, закваска на плодах), закваски на кефире или лактобактериях, пивные закваски; спонтанные (по методу Сарычева, по методу Р.Калвеля (Франция), по методу Э. Кайзера (Франция), по методу Ч. Рейнарта/Дебри Уинк); специализированные (производственные) закваски – концентрированные молочнокислые закваски (КМКЗ), микрофлора которых значительно различается [6].

Поиск решения вопроса получения здорового хлеба иногда находит ответ в старинных рецептах разных народов. Так, в Гагаузии, до сих пор пекут хлеб на сухих заквасках, полученных на основе ви-



Рис. 1. Высушенная лепешка (чурек)

ноградного муста, смеси пшеничной или кукурузной муки.

Целью исследований явилось разработка технологического процесса получения пшеничного хлеба на основе сухой закваски на основе виноградного муста, определение органолептических и физикохимических показателей такого хлебобулочного изделия, разработка технико-технологической карты данного изделия.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований явился выпеченный пшеничный хлеб, приготовленный на основе закваски из виноградного муста и кукурузной муки. Сухую закваску (фото1), подвергли исследованию в лаборатории Федеральной службы по ветеринарному и санитарному надзору ФГБУ «Брянская межобластная ветеринарная лаборатория» (выписка из Протокола испытаний № 18-10999 от 30.05.2018г).

Приготовление хлебобулочного изделия, оценка его органолептических и физико-химических показателей были выполнены в лаборатории кафедры «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств» и в Центре коллективного пользования научным оборудованием при ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Исследовались органолептические показатели (внешний вид, цвет корки, состояние мякиша, запах, вкус) по ГОСТ 5667-75 и физико-химические факторы: влажность (ГОСТ 2109-75), пористость пробником Журавлева (ГОСТ 5669-96), кислотность (ГОСТ 5670-96). Проверку опытных образцов пшеничного хлеба проводили через 8 часов после выемки из конвекционной печи. Выпекание образцов пшеничного хлеба было произведено в конвекционной печи UNOX XF023. Используемое для контроля оборудование и оснастка проходили ежегодную поверку.

Результаты и их обсуждение

Для приготовления «гагаузской» закваски необходимо взять 200 мл купажированного виноградного муста, дать постоять ему сутки в теплом месте ($T=28-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) для того, чтобы начался процесс брожения. На следующий день в муст необходимо добавить кукурузной муки, до состояния довольно густой каши. Дать смеси настояться и разбухнуть в течении 3-4 часов. Сформировать лепешки(чуреки) и оставить сушиться в хорошо проветриваемом помещении при температуре выше $28-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажности воздуха не выше 25 %.

В зависимости от первоначальной влажности процесс может занять от одних суток до недели.

Таблица 1 – Микробиологические показатели заквасочной культуры (лепешки)

№ п/п	Наименование показателей	Ед. измерений	Результат испытаний	Нормативный документ на метод испытаний
1	Дрожжи	КОЕ/г	7×10^5	ГОСТ 10444.12-2013
2	Молочнокислые микроорганизмы	КОЕ/г	1×10^4	ГОСТ 10444.11-2013(ISO 15214:1998)
3	Плесени	КОЕ/г	менее 10	ГОСТ 10444.12-2013

Таблица 2 - Рецепт приготовления опары

Сырье	Масса, кг	Влажность, %	Содержится воды в продукте, %
Первый замес			
Чурек (закваска)	0,025	15	0,004
Сахар песок	0,02	0,15	0
Вода	0,5	100	0,5
Итого:	0,545	93	0,507
Второй замес			
Сусло первого замеса	0,545	93	0,507
Вода	0,5	100	0,5
Мука пшеничная в/с	0,7	14,5	0,1
Сахар-песок	0,02	0,15	0
Итого:	1,765	58,4	1,107

Таблица 3 – Рецепт приготовления пшенично теста

Сырье	Масса, кг	Влажность, %	Содержится воды в продукте, %
Опара 2-го замеса	1,94	58,4	1,14
Вода	0,5	100	0,5
Мука пшеничная в/с	0,9	14,5	0,13
Соль	0,045	0,7	0
Масло подсолнечное	0,05	0,15	0
Сахар	0,03	0,15	0
Итого:	3,47	51	1,77

Таблица 4 – Органолептические и физико-химические показатели пшеничного хлеба виноградной закваске

Наименования	Внешний вид	Состояние мякиша	Вкус	Запах
Хлеб пшеничный	Форма соответствующая хлебной форме, цвет светло – коричневый; корочка хрустящая	пропеченный, не влажный на ощупь без следов непромеса	Приятный, с легким кисловато-сладким привкусом	С ярким хлебным оттенком
Физико-химические показатели качества пшеничного хлеба на закваске				
Кислотность, pH		4,3		
Пористость, %		65		
Влажность, %		46,1		

Чурек (лепешка) массой 50-60 г должен хорошо высохнуть, вся влага должна полностью уйти, влажность лепешки может колебаться в пределах от 7 до 12 %. Хорошо высушенную закваску можно хранить от года до полутора, в темном сухом месте при температуре не выше 25 градусов (рис. 1).

Полученные результаты микробиологических исследований заквасочной лепешки показали, что количество дрожжей в 70 раз больше количества молочнокислых микроорганизмов (700000 КОЕ/г и 10000 КОЕ/г соответственно). Дрожжи и молочнокислые бактерии хорошо уживаются вместе в среде кукурузного теста. Дрожжи обогащают среду витаминами и аминокислотами, а в них нуждаются молочнокислые бактерии. Они поглощают из среды кислород, что благоприятно влияет на развитие молочнокислых бактерий. Спирт, выделяемый дрожжами, угнетает гнилостные бактерии и плесени.

Приготовление опары процесс продолжительный и очень щепетильный, так как тут главное не пропустить момент и не дать закваске скиснуть. Как правило, весь процесс занимает 8-10 часов. Рецепт приготовления опары на закваске представлена в таблице 2.

Технологический процесс приготовления. В теплой воде необходимо размочить 25 г лепешки, обязательно необходимо добавить 20 г сахара для того чтобы разбудить молочнокислые микроорганизмы. Выдержать данную смесь 3-4 часа при температуре 30-32 °С. Спустя это время в смесь добавить еще воду, сахар и муку, замесить тесто до консистенции густой сметаны (рис. 2). Снова смесь отправляем в теплое место на 3,5-4 часа.

Замес теста (таблица 3). После подъема опары добавляем 500 мл воды, 1 ст. л соли и 20 г сахара, 50 г растительного масла. Произвести замес теста в



Рис. 2. Опара второго замеса



Рис. 3. Тесто



Рис. 4. Тесто после расстойки



Рис. 5. Выпеченный хлеб

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА № 1
Хлеб пшеничный на закваске из виноградного муста «БлагодарЪ»

1. Область применения

Настоящая технико-технологическая карта распространяется на изделие хлеб «БлагодарЪ», вырабатываемое в кондитерской «Пирожок».

2. Используемое сырье

2.1 Для приготовления пшеничного хлеба на закваске из виноградного муста используют сырье соответствующие требованиям нормативной документации.

Мука пшеничная	ГОСТ Р 52189-2003
Сахар-песок	ГОСТ 33222-2015
Соль поваренная	ГОСТ 33770-2016
Масло растительное	ГОСТ 1129-2013

2.2 Сырье, используемое для приготовления пшеничного хлеба, соответствует требованиям нормативной документации и имеет сертификаты и удостоверения качества РФ.

3. Рецепттура

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 100 изделий	
		в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная в/с	85,5	45000	38475
Закваска	86	625	537,5
Сахар	99,85	1250	1248,1
Масло растительное	99,7	1250	124602
Соль	96,5	1125	1085,6
Итого сырья:	-	49250	42592,4
Вода	-	37500	-
Масса п/ф,г	-	81545	-
Выход	160%	71759,6	

4. Технологический процесс

4.1 Подготовка сырья к производству пшеничного хлеба производится в соответствии со «Сборником рецептур мучных кондитерских и булочных изделий» (2009г.)

4.2 В теплой воде ($t=28-30^{\circ}\text{C}$) замочить заквасочную лепешку. Добавить одну столовую ложку сахарного песка, перемешать и поставить в расстоечный шкаф ($t=30-32^{\circ}\text{C}$) для набухания на 3-4 часа. Спустя это время в замес добавить 500 мл теплой воды, столовую ложку сахара и пшеничную муку. Замесить тесто «как на оладьи». Опару поставить в расстоечный шкаф на 3,5-4,0 часа для размножения дрожжевых клеток. В емкость с опарой добавить 0,5л теплой воды, перемешать; добавить 45 г соли, 30 г сахара, 50 г масло подсолнечное, муку пшеничную. Произвести замес теста в течение 8-10 мин. Емкость с тестом поставить в расстоечный шкаф ($T=28-30^{\circ}\text{C}$) на 35-45 мин. Спустя это время тесто увеличится в объеме в 2 раза. Подготовленные формы для выпекания смазать растительным маслом. Тесто накладываем в формы на 2/3 от объема и ставим на 20-30 мин в расстоечный шкаф. Тесто считается готовым, когда через указанный отрезок времени оно увеличивается вдвое.

Режим выпечки: Форма с тестом должна размещаться в середине духовки на решетки. Температура выпекания 190-200°C, время выпечки 50-60 мин.

5. Требования к оформлению, реализации и хранению

5.1 Горячий хлеб только что приготовленный достают из пекарского шкафа и укладывают в один ряд на боковую или нижнюю корку на полки.

5.2 Упаковка хлеба навалом – не разрешается. Хлеб и хлебные реализуются в соответствии с правилами с «Правилами розничной торговли хлебом и хлебобулочными изделиями» и ГОСТом «Укладка хранение и перевозка хлеба и хлебобулочных изделий».

6. Показатель качества и безопасности

6.1 Органолептические показатели

Внешний вид: форма соответствует хлебной форме

Цвет: От золотистого до светло-коричневого.

Консистенция: мякиш хорошо пропечен, пористый

Цвет: поверхность светло-коричневого цвета

Вкус: приятный, свойственный свежесвепеченному изделию на заквасках.

Запах: приятный, с ярким хлебным запахом, сладковато-кислый.

6.2 Физико-химические и микробиологические показатели определяются по СП 2.3.6.1079-01

7. Пищевая и энергетическая ценность, 100 г

Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
7,5	1,5	48,6	242

течение 8-10 минут, поставить в расстоечный шкаф на 1-1,5 часа для подъема теста в 2 раза (рис. 3).

По истечении времени опара должна подняться и приобрести приятный аромат свежескошенного сена, масса должна подняться и быть очень пористой. Длительное брожение теста на закваске помогает улучшить вкусоароматические свойства хлеба и увеличить срок его хранения.

Тесто разложить по формам и дать подняться в расстоечном шкафу еще 35-40 минут (рис. 4).

Режим выпечки: Форма с тестом должна размещаться в середине духовки на решетке. Температура выпекания 190-200 °С, время - 50-60 мин.

Поверхность тестовых заготовок после помещения ее в пекарную камеру покрывается тонкой пленкой, постепенно переходящей в утолщающую корку.

После выпекания была проведена оценка органолептических показателей пшеничного хлеба на закваске из виноградного муста, спустя 8 часов и физико-химическая оценка (таблица 4).

Анализируя полученные результаты необходимо отметить, что по физико-химическим показателям произведенный пшеничный хлеб на закваске из виноградного муста, соответствовал требованиям ГОСТ 58233-2018.

Следствием выполненной работы явилось разработка нормативно-технологической документации на пшеничный хлеб на закваске из виноградного муста - технико-технологической карты (ТТК 1).

Выводы

Хлеб на заквасках имеет давнюю историю, которая частично забыта. Но в последние годы популярность этого продукта длительной ферментации растёт. Закваска на основе из виноградного муста и кукурузной муки имеет влажность не выше 12 %, что позволяет готовить ее раз в сезон (лето-осень) и хранить при холодильных температурах до 1 года, почти без потери активности микроорганизмов.

Процесс приготовления пшеничного хлеба длительный и щепетильный (до 10 часов). Это зачастую отпугивает массовых производителей хлебобулочных изделий. Рецепт такого хлебобулочного изделия может быть предложена для внедрения на малом предприятии. Выпеченный пшеничный хлеб отличался высокими вкусовыми органолептическими и физико-химическими показателями. Такой хлеб не вызывает вздутия кишечника и благотворно влияет на его микрофлору.

Список литературы

- [1] Анализ рынка хлебобулочных изделий в России в 2014-2018 гг, прогноз на 2019-2023 гг - агентство аналитики Businesstat [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://businesstat.ru/catalog/id42719/>. (Дата обращения: 22.11.20).
- [2] Статистический сборник Потребление основных продуктов питания населения Брянской области, Брянск, 2019, 23с.

- [3] Шеламова, С.А. Повышение потребительских свойств хлебобулочных изделий /С.А. Шеламова, Н.М. Дерканосова, Ю.А. Тырсин// Вестник Воронежского гос. аграр. университета. - 2014. - №1-2. - С.174-181.
- [4] Гапонова, В.Е., Слезко Е.И., Паседько Н.С. Качество пшеничного хлеба в Юго-западном регионе России // Вестник БГА. 2019. №1. С.39-43.
- [5] ГОСТ 32677-2014 Изделия хлебобулочные. Термины и определения (с Поправкой). М.: Стандартиформ, 2015, 19 с.
- [6] Хлебопекарный кондитерский форум [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bac-forum.ru> (Дата обращения 22.11.2020).ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия. М.: Стандартиформ, 2018, 16 с.

References

- [1] Analysis of the bakery products market in Russia in 2014-2018, forecast for 2019-2023 - Businesstat analytics agency [Electronic resource]. Access mode: <https://businesstat.ru/catalog/id42719/>. (Date of access: 22.11.20).
- [2] Statistical book Consumption of basic foodstuffs of the population of the Bryansk region, Bryansk, 2019, 23p.
- [3] Shelamova, S.A. Improving the consumer properties of bakery products / S.A. Shelamova, N.M. Derkanosova, Yu.A. Tyrsin // Bulletin of the Voronezh State. agrarian university. - 2014. - No. 1-2. - S. 174-181.
- [4] Gaponova, V.E., Slezko E.I., Pasedko NS. The quality of wheat bread in the South-West region of Russia // Bulletin of BGA. 2019. No. 1. S.39-43.
- [5] GOST 32677-2014 Bakery products. Terms and definitions (as amended). M.: Standartinform, 2015, 19 p.
- [6] Bakery confectionery forum [Electronic resource]. Access mode: <https://bac-forum.ru> (Date of treatment 11/22/2020).
- [7] GOST R 58233-2018 Wheat flour bread. Technical conditions. M.: Standartinform, 2018, 16 p.

Сведения об авторах

Information about the authors

Гапонова Валентина Евгеньевна кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365,Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а. Тел.: 8(48341) 24-7-59 E-mail: gap-walya@yandex.ru	Gaponova Valentina Evgenievna PhD in Agricultural Sciences associate professor at the department of «Technological equipment for livestock breeding and processing industries» Bryansk State Agrarian University Phone: 8(48341) 24-7-59 E-mail: gap-walya@yandex.ru
Слезко Елена Ивановна кандидат биологических наук доцент кафедры «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365,Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а. Тел.: 8(48341) 24-7-59 E-mail: eslezko@bk.ru	Slezko Elena Ivanovna PhD in Biology associate professor at the department of «Technological equipment for livestock breeding and processing industries» Bryansk State Agrarian University Phone: 8(48341) 24-7-59 E-mail: eslezko@bk.ru
Исаев Хафиз Мубариз-оглы кандидат экономических наук заведующий кафедрой «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365,Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а. E-mail: haf-is@mail.ru	Isaev Hafiz Mubariz-oglu PhD in Economics head of the department of «Technological equipment for livestock breeding and processing industries» Bryansk State Agrarian University E-mail: haf-is@mail.ru

Сахарное печенье с применением порошка боярышника

Гарькина П.К., Горбачева О.Н.

Аннотация. Мучные кондитерские изделия являются пищевыми продуктами с высокой энергетической ценностью, в связи с чем, могут служить перспективной основой для создания обогащенных и функциональных пищевых продуктов. В статье рассмотрены перспективы применения порошка боярышника в технологии сахарного печенья. Анализ научной, технической и патентной литературы свидетельствует о широком спектре биологически активных веществ боярышника и возможности его использования при производстве обогащенных и функциональных пищевых продуктов. Достоинством боярышника является высокое содержание витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон и антиоксидантов (биофлавоноидов). Целью данного исследования является разработка рецептуры сахарного печенья с применением порошка боярышника, изучение влияния различных его дозировок на химический состав и показатели качества готовых изделий. Предложена модификация рецептурного состава сахарного печенья «Нева» путем частичной замены пшеничной муки на порошок боярышника. В статье представлены результаты исследования показателей качества образцов сахарного печенья с порошком боярышника. Результаты органолептической оценки позволили установить, что лучшими образцами сахарного печенья являются образец с заменой 10 % пшеничной муки на порошок боярышника. Представленные в статье результаты свидетельствуют о возможности и целесообразности применения порошка боярышника в производстве сахарного печенья.

Ключевые слова: сахарное печенье, порошок боярышника, показатели качества, пищевая ценность, рецептура.

Для цитирования: Гарькина П.К., Горбачева О.Н. Сахарное печенье с применением порошка боярышника // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 12–18.

Sugar cookies with application hawthorn powder

Garkina P.K., Gorbacheva O.A.

Abstract. Flour confectionery products are food products with a high energy value, and therefore, they can serve as a promising basis for creating enriched and functional food products. The article discusses the prospects for the use of hawthorn powder in the technology of sugar cookies. Analysis of scientific, technical and patent literature indicates a wide range of biologically active substances in hawthorn and the possibility of its use in the production of fortified and functional food products. The advantage of hawthorn is its high content of vitamins, minerals, dietary fiber and antioxidants (bioflavonoids). The purpose of this study is to develop a recipe for sugar cookies using hawthorn powder, to study the effect of its various dosages on the chemical composition and quality indicators of finished products. A modification of the recipe composition of the «Neva» sugar biscuits by partial replacement of wheat flour with hawthorn powder is proposed. The article presents the results of a study of quality indicators of samples of sugar cookies with hawthorn powder. The sensory evaluation showed that the best examples of sugar biscuits were those with 10% wheat flour replaced with hawthorn powder. The results presented in the article indicate the possibility and feasibility of using hawthorn powder in the production of sugar cookies.

Keywords: sugar biscuits, hawthorn powder, quality indicators, nutritional value, recipe.

For citation: Garkina P.K., Gorbacheva O.A. Sugar cookies with application hawthorn powder. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.4 (25). pp. 12–18. (In Russ.).

Введение

Сегмент мучных кондитерских изделий является лидирующим на рынке вследствие доступности для населения и их традиционности в структуре питания. Они имеют высокую калорийность и хорошие органолептические свойства, но вместе с тем они содержат незначительное количество белков, витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, и их биологическая ценность, как правило, невысокая [1].

Сбалансированное питание предполагает невысокий уровень энергетической ценности рационов, и, главное, их оптимизацию. Чрезмерное же потребление высококалорийной продукции нарушает сбалансированность рационов питания по пищевым веществам и энергетической ценности. Причина заключается в высоком содержании жира, углеводов и низком уровне, а, иногда полным отсутствием пищевых волокон, минеральных веществ, витаминов в продукции.

На этом фоне становится актуальной задача разработки рецептур мучных кондитерских изделий, обогащенных полезными веществами или компонентами, играющими значительную роль в осуществлении физиологических процессов организма, и позволяющих снижать энергетическую ценность изделий.

В современных условиях возрастает повышенный интерес использования растительного сырья как источника функциональных пищевых ингредиентов. При этом актуальным является применение боярышника в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов.

Комплекс полезных свойств плодов боярышника обусловлен его химическим составом. Содержание отдельных компонентов меняется в широких пределах даже для одного вида и зависит от места произрастания, климатических условий, сроков уборки сырья, особенностей послеуборочной обработки, длительности и условий хранения. Тем не менее, биохимический состав плодов, в целом представлен сахарами в количестве не более 11 % сахаров, макро- и микроэлементами (калий, кальций, магний, железо), яблочной кислотой (до 1 %), тритерпеновыми кислотами (до 180 мг %), пектином (около 0,6 %), дубильными и красящими веществами (до 1,7 %), кумаринами (3,5 %), в том числе

оксикумаринов, снижающих протромбиновый индекс. Особой ценностью плодов боярышника является антиоксидантная активность, обусловленная наличием β -каротина (до 14 мг %), витаминов Е (до 5%), С (до 250 мг %) и Р (380-680 мг %) [3, 4]. Пектин плодов, являясь превосходным антиоксидантом, выводит из организма токсины, активизирует кровоток, снижает истирание стенок сосудов [5].

Липиды представлены, в основном, ненасыщенными жирными кислотами – 57,0 % олеиновой, линолевой и линоленовой кислота от суммы жирных кислот. Плоды боярышника обладают железирующими и детоксицирующими свойствами. Благодаря наличию органических кислот (яблочной, лимонной, виннокаменной, щавелевой, янтарной и других), употребление плодов оказывает благотворное влияние на пищеварение, способствуя формированию определенного состава микрофлоры, и тормозит процессы гниения в желудочно-кишечном тракте [6].

В составе плодов боярышника содержатся кислоты фенольной природы, обладающие бактерицидным, желчегонным, мочегонным и в некоторой степени капилляроукрепляющим и противовоспалительным действием, регулирующие функцию щитовидной железы [7].

Физиологическая ценность боярышника обусловлена составом и содержанием витаминов и витаминоподобных веществ. Витамин С участвует в окислительно-восстановительных процессах, стимулирует регенерацию тканей, оказывает благотворное влияние на процесс свертывания крови, нормализует обмен жиров и липоидов, способствует выведению холестерина из организма, обеспечивая тем самым профилактику атеросклероза [8].

Плоды боярышника, судя по его химическому составу и функциональным свойствам, можно считать сложной многокомпонентной композицией биологически активных соединений, что предполагает возможность его применения в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов при производстве пищевых продуктов.

В научной литературе приведены результаты изучения влияния плодов боярышника в количестве 3 % от массы муки высшего сорта на органолептические и физико-химические показатели качества сдобных булочных изделий [9]. Исследована возможность использования муки из плодов боярышника в качестве рецептурного компонента бисквитного полуфабриката. Показано, что введение 30 % добавки к массе пшеничной муки в бисквитное тесто приводит к снижению плотности яично-сахарно-белковой массы на 9 %, бисквитного теста – на 5 %. Удельный объем и пористость опытного образца повышаются по сравнению с контрольным на 6 и 9 % соответственно. Разработанное изделие по сравнению с контролем содержит значительно больше макро- и микроэлементов – натрия на 16 %, калия на 108 %, кальция на 21 %, железа на 33 %, магния на 41 %, фосфора на 6 %. Содержание витаминов

Таблица 1– Показатели качества ПБ

Наименование показателя	Характеристика и значение показателя
Цвет	Буровато-красный
Запах	Свойственный данному сырью, без посторонних запахов
Вкус	Сладковатый
Влажность, %	7

также находится на более высоком уровне: тиамин на 19 %, рибофлавин на 30 %, ниацин на 6 %, β -каротин - на 43 % [10].

Таким образом, как показал анализ литературы, боярышник является общедоступным видом сырья и представляет практический интерес при разработке функциональных мучных кондитерских и хлебобулочных изделий. В то же время, исследований возможности замены части пшеничной муки и сахара на боярышник при производстве сахарного печенья, крайне недостаточно. При этом следует учесть, что разработка функциональных пищевых продуктов на основе местного растительного сырья, является приоритетной областью исследований, наиболее значимой для инновационного развития регионов России, в том числе Пензенской области. В Пензенской области чаще всего встречается боярышник кроваво-красный (*Crataegus Sanguinea* Pal). Общие запасы боярышника на территории Пензенской области составляют 3,5 т в год, в том числе в Лунинском районе – 2,1 т, Мокшанском районе – 1,4 т, что свидетельствует о перспективности их использования в качестве дополнительного источника сырья для пищевой промышленности.

Целью исследований является изучение возможности использования порошка боярышника (ПБ) в технологии сахарного печенья.

Объекты и методы исследования

Экспериментальная часть работы выполнена на базе кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ

ВО «Пензенский государственный технологический университет».

Основным объектом исследования служило сахарное печенье пониженной энергетической ценности, обогащенное функциональными пищевыми ингредиентами плодов боярышника, технология и рецептура. Применяемое сырье: боярышник (ГОСТ 3852-93), приобретенный в аптечной сети г. Пензы, мука пшеничная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017), пудра сахарная (ГОСТ 33222-2015), маргарин (ГОСТ 32188-2013), крахмал кукурузный (ГОСТ 32159-2013), меланж (ГОСТ 30363-2013), сода пищевая (ГОСТ 2156-76), соль пищевая (ГОСТ Р 51574-2018), эссенция (ГОСТ 32097-2013), углекислая аммонийная соль (ГОСТ 9325-79).

При выполнении работы были использованы общепринятые стандартные методы исследований, в том числе органолептические, физико-химические. Обработку экспериментальных данных и графическую интерпретацию полученных моделей осуществляли в программах MS Excel. В статье приведены средние значения показателей. Пищевую, биологическую и энергетическую ценность оценивали расчетным методом. Рецептура прототипа – сахарное печенье «Нева», рецептура № 110 [11].

Результаты и их обсуждение

Показатели качества ПБ приведены в таблице 1.

С целью обоснования выбора ПБ для обогащения сахарного печенья проведена сравнительная оценка химического состава ПБ и хлебопекарной

Таблица 2– Сравнительная характеристика химического состава ПБ и муки пшеничной высшего сорта (в % на сухое вещество)

Показатель	Порошок плодов боярышника [6]	Мука пшеничная высшего сорта [12]
Белковые вещества	11,5	10,8
Липиды	2,8	1,3
Массовая доля углеводов, в т.ч.	48,2	71,1
фруктоза + глюкоза	18,9	0,05
крахмал	5,7	70,9
клетчатка	23,6	0,12
Витамины, мг%:		
аскорбиновая кислота	102	–
токоферолы	9,6	2,57
α -каротин	8,1	–
β -каротин	1,5	сл.
Р-активные соединения	4409	–
Минеральные вещества, мг/100 г:		
калий	452	122
кальций	209	18
магний	133	16
фосфор	158	86
железо	4,5	1,2

Таблица 3 – Технологические показатели смеси МП и ПБ

Наименование показателя	Соотношение МП и ПБ, %				
	100:00:00	95:05:00	90:10:00	85:15:00	80:20:00
Массовая доля влаги, %	14,5	14	13,8	13,4	13
Титруемая кислотность, град	2,5	2,7	2,8	2,9	3
Массовая доля сырой клейковины, %	31	29,8	28	27	25,7
Качество клейковины, ед. ИДК	73	67,8	65,5	61,1	58
Сила муки	средняя	средняя	средняя	средняя	средняя

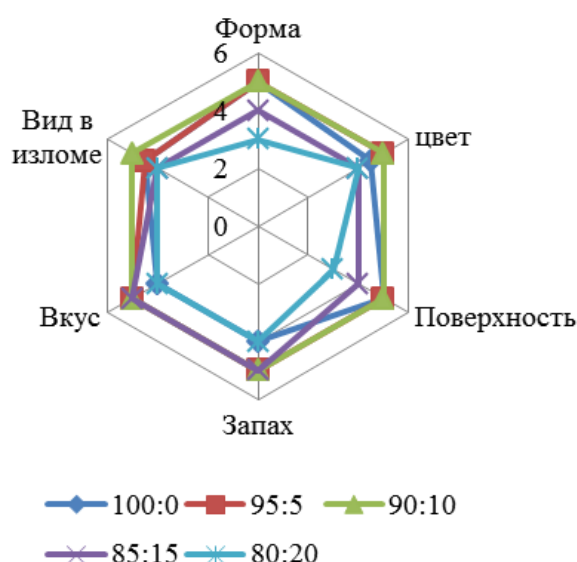


Рис. 1. Балловая оценка органолептических показателей сахарного печенья с ПБ

пшеничной муки высшего сорта, являющейся доминирующим рецептурным компонентом разрабатываемого кондитерского изделия (таблица 2).

Анализ данных, приведенных в таблице 2, свидетельствует о высоком содержании белковых веществ, липидов, клетчатки, аскорбиновой кислоты, каротинов и минеральных веществ. Достаточно высокое содержание Р-активных веществ в ПБ позволяет рекомендовать их для производства мучных кондитерских изделий в качестве обогащающей добавки. Можно предположить, что введение ПБ в рецептуру сахарного печенья позволит повысить его витаминную и минеральную ценность, и снизить энергетическую ценность.

Качество пшеничной муки может быть оценено по показателю содержания влаги, массовой доли и качеству клейковины, а также титруемой кислотности. В таблице 3 приведены функционально-технологические показатели смеси муки пшеничной с ПБ. Муку пшеничную высшего сорта (МП) смешивали с ПБ в соотношении: 100:0 (контрольный образец), 95:5; 90:10; 85:15; 90:20 с учетом сухих веществ.

Установлено, что массовая доля влаги мучной смеси с внесением 5 %, 10 %, 15 % и 20 % ПБ взамен части пшеничной муки снижается на 3,4; 4,8; 4,3 и 5,8 %, соответственно, что связано, очевидно, с низкой влажностью ПБ, и свидетельствует о возможности повышения выхода готовых изделий.

Титруемая кислотность при внесении ПБ взамен части пшеничной муки возрастает, что обусловлено наличием большого количества органических кислот.

Как показатели результаты исследований, массовая доля клейковины снижалась по мере увеличения дозировки ПБ в мучной смеси, причиной чего является замена части пшеничной муки ПБ, белки которого не образуют клейковину. Выявлено повышение сопротивления клейковины деформации, что является обоснованием возможности применения ПБ в качестве улучшителя технологических свойств теста при использовании слабой по силе муки. В то же время уровень клейковины и ее качество находится в пределах, необходимых для получения требуемых реологических свойств муки при производстве сахарного теста. Известно, что для производства сахарного печенья необходима мука среднего качества с содержанием клейковины не ниже 28 %.

На следующем этапе осуществляли приготовление теста в планетарном миксере. Смесь пшеничной муки, ПБ и крахмала в указанном соотношении вносили в миксер после замеса рецептурной смеси.

Замена пшеничной муки высшего сорта на 5 % и 10 % ПБ благоприятно отразилась на структуре теста. В этом случае продолжительность замеса составляла не более 20 минут. Полученное тесто с добавками охарактеризовано как однородное, пластично-вязкое, хорошо формуемое.

Балловая оценка органолептических показателей сахарного печенья с внесением различных доз ПБ представлена на рисунке 1.

Внесение 5 % и 10 % ПБ привело к получению изделия с легким привкусом добавки ПБ. В то время как при внесении 15 % и 20 % обогащающей добавки печенье приобретало выраженный характерный вкус боярышника. При добавлении ПБ в количестве 5 %, 10 % изделия имели приятный запах со слабо выраженным ароматом добавки. Дальнейшее увеличение дозировки 15% и 20% привело к получению изделия с сильно выраженным ароматом боярышника.

Использование в процессе тестоприготовления 5 %, 10 % ПБ не оказало влияние на окраску печенья, которая осталась такая же, как и у контрольного образца. Использование 15-20 % обогащающей добавки способствовало получению более темного печенья. Следует отметить, что вид в изломе печенья с ПБ соответствовал контрольному образцу, исключение составил образец с добавлением 20 % ПБ, пористость которого была неравномерной.

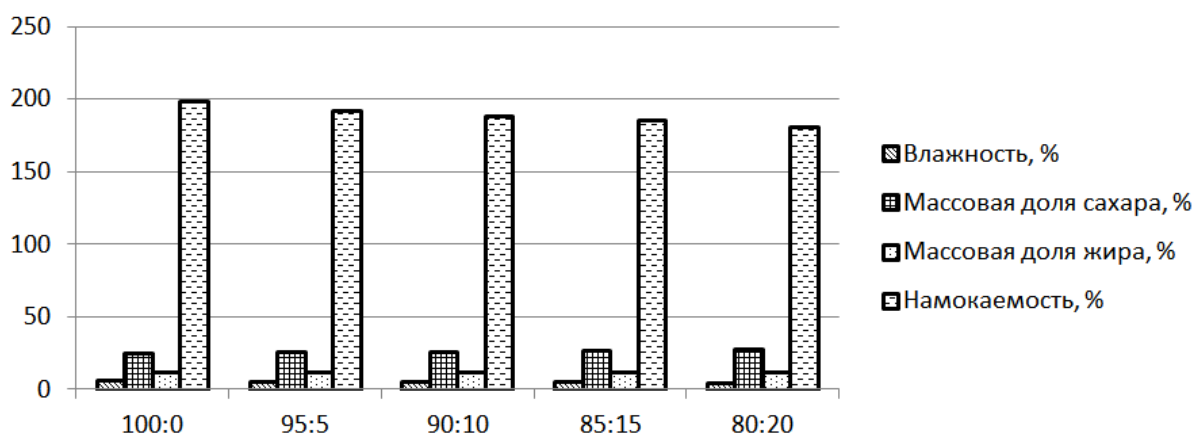


Рис. 2. Физико-химические показатели сахарного печенья с ПБ

В целом, анализ органолептических показателей печенья, свидетельствует об их соответствии требованиям ГОСТ 24901-2014.

По органолептическим показателям выявлена рациональная дозировка ПБ – 10 % взамен пшеничной муки. В этом случае изделия имели приятный вкус, равномерную пористость, более яркую окраску по сравнению с контролем.

Влияние ПБ на физико-химические показатели представлено на рисунке 2.

Внесение ПБ повлияло на массовую долю влаги готовой продукции, снижая данный показатель. Установлено, что добавление в разрабатываемое изделие ПБ взамен муки пшеничной приводит к увеличению сахара в образце. При внесении 5% ПБ количество сахара в относительных единицах повысилось по сравнению с контрольным образцом на 2,0 %, 10 % – на 4,4 %, 15 % – на 6,5 %, 20 % – на 8,1 %.

Таким образом, анализ органолептических и физико-химических показателей свидетельствует о том, что рациональной дозировкой при производстве сахарного печенья является внесение 10 % ПБ вместо части пшеничной муки. Результаты расчета пищевой и энергетической ценности контрольного образца и образца с внесением 10 % ПБ приведены в таблице 4.

Содержание белка в опытном варианте незначительно выше, чем в контрольном. Массовая доля жира находится на одном уровне с контрольным вариантом.

Заметны изменения в содержании моно-и дисахаридов, крахмала, пищевых волокон и минеральных веществ.

Содержание сахара при внесении ПБ в количестве 10 % взамен части пшеничной муки на 4,4 % (в относительных единицах) выше, чем в контрольном,

что позволяет предполагать возможность снижения количества сахарной пудры в рецептурах опытных образцов.

Содержание крахмала снижается при внесении 10 % ПБ 8,7 %, за счет чего снижается и энергетическая ценность изделий.

Внесение ПБ в количестве 10 % взамен пшеничной муки в рецептуру сахарного печенья приводит к повышению пищевых волокон в изделиях в 2,5 раза в сравнении с содержанием пищевых волокон в контрольном образце.

Применение ПБ привело к заметному повышению содержания фосфора – 76 мг против 70,5 мг в 100 г изделий. Содержание калия в опытном образце, в сравнении с контрольным, в 4,5 раза больше. Замена пшеничной муки на 10 % ПБ приводит к повышению содержания магния в 1,6 раза.

Энергетическая ценность опытного образца сахарного печенья снизилась, очевидно, за счет снижения содержания крахмала. Внесение 10 % ПБ привело к снижению энергетической ценности на 3,6 %.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о возможности замены части пшеничной муки на ПБ. Опытные образцы характеризуются более высоким уровнем сахаров, снижением крахмала, повышенным количеством пищевых волокон и минеральных веществ, что обусловлено наличием в ПБ высокого количества биологически активных веществ, и в связи с чем сахарное печенье с ПБ следует считать обогащенным функциональными пищевыми ингредиентами.

Повышенное содержание сахара в опытных вариантах позволяет предположить целесообразность снижения уровня содержания сахара в модифици-

Таблица 4 – Пищевая и энергетическая ценность сахарного печенья с применением ПБ

Соотношение МП и ПБ, %	Наименование компонентов, г/100 г изделий							Энергетическая ценность, ккал/ кДж	
	Белки	Жиры	Моно-и дисахариды %	Крахмал, %	Пищевые волокна, %	Минеральные вещества, мг			
						Р	К		Mg
100:00:00	7,4	11,5	24,8	49,7	1,1	70,5	90,6	13,1	433/1810
90:10:00	7,5	11,5	25,9	45,4	2,7	76	405	21,5	418/1747

рованной рецептуре сахарного печенья на величину превышения сахара в изделиях.

При этом рациональной дозировкой следует считать 10 % ПБ взамен пшеничной муки с учетом органолептических и физико-химических показателей. Энергетическая ценность опытных образцов снижается в сравнении с контрольным образцом.

Выводы

Исследования возможности замены части пшеничной муки на порошок боярышника позволили установить его рациональную дозировку – 10 % порошка боярышника. Опытные образцы

характеризуются более высоким уровнем сахаров, снижением крахмала, повышенным количеством пищевых волокон и минеральных веществ, что обусловлено наличием в порошке боярышника высокого уровня биологически активных веществ, в связи с чем сахарное печенье с порошком боярышника следует считать обогащенным функциональными пищевыми ингредиентами.

Повышенное содержание сахара в опытных вариантах позволяет предположить целесообразность снижения уровня содержания сахара в модифицированной рецептуре сахарного печенья на величину превышения сахара в изделиях.

Список литературы

- [1] Росляков Ю.Ф. Новые технологии и ассортимент хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья / Ю.Ф. Росляков, О.Л. Вершинина, В.В. Гончар // Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности: эл. сборник материалов I Международной научно - практической конференции. – 2012. С. 283 – 288.
- [2] Солдатова, Е.А. Закономерности развития технологии производства сахарного печенья с использованием плодовоовощного сырья/Е.А. Солдатова, С.Ю. Мистенева, Н.А. Щербакова и др. // Кондитерское производство. – 2015. – № 6. – С. 6 -9.
- [3] 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.
- [4] Стрелец В.Д. Крупноплодный боярышник (*Crataegus aestivalis* L.) – перспективная плодовая культура для нечерноземной зоны России/ В.Д. Стрелец, Д.Н. Никиточкин, О.А. Виноградова//Известия ТСХА, 2014. – выпуск 4. – с. 119-124.
- [5] Романова Н. Г. Плоды боярышника и рябины перспективный сырьевой источник для создания продуктов функционального питания // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 9. С. 59-62.
- [6] Кабалоева А.С. Разработка технологий булочных и мучных кондитерских изделий профилактического назначения с использованием продуктов переработки плодов дикорастущего боярышника : автореферат диссертации ... кандидата технических наук : 05.18.01, 05.18.15 / Кабалоева Асият Сергеевна.- Краснодар, 2012. -16 с.
- [7] Карпачева, Т. В. Хозяйственно-биологическая оценка отобранных форм и видов боярышника в условиях ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с/х наук / Т. В. Карпачева. – Мичуринск, 2003. – 16 с.
- [8] Дерканосова Н.М. Использование композитных смесей функциональной направленности в производстве печенья/Н.М. Дерканосова, Е.Е. Курчаева, В.Л.Пашенко, С.В. Калашникова// Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (57). – с. 116-123
- [9] Киртаева Т.Н. Изучение влияния плодов боярышника на технологические свойства и потребительские качества хлебобулочных изделий/Т.Н.Киртаева Т.Н., Колесник А.Т./Аграрный вестник Приморья. 2019. № 2 (14). С. 30-33.
- [10] Пашенко В. Использование цельносмолотой муки из плодов боярышника в технологии бисквита/ Г. Магомедов, Т. Ермоленко // Хлебопродукты. – 2011. – № 6.– С. 38-39.
- [11] Рецептуры на печенье, галеты и вафли. – М.: Пищевая промышленность, 1969. – 553 с.
- [12] Скурихин И. М. 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.

References

- [1] Roslyakov Yu.F. New technologies and assortment of bakery, confectionery and macaroni products using non-traditional plant materials / Yu.F. Roslyakov, O. L. Vershinin, V.V. Potter // Innovative technologies in the food and processing industry: el. collection of materials of the I International scientific - practical conference. - 2012.S. 283 - 288.
- [2] Soldatova, E.A. Regularities in the development of technology for the production of sugar cookies using fruit

- and vegetable raw materials / E.A. Soldatova, S.Yu. Misteneva, N.A. Shcherbakova et al. // Confectionery production. - 2015. - No. 6. - P. 6-9.
- [3] Dzhaboeva, A.S. Creation of technologies for bakery, flour confectionery and culinary products of increased nutritional value using non-traditional plant raw materials for extrusion: abstract of thesis. ... doct. tech. Sciences: 05.18.01, 05.18.15 / Dzhaboeva Amina Sergoevna. - M., 2009. - 49 p.
- [4] Strelets V.D. Large-fruited hawthorn (*Crataegus aestivalis* L.) is a promising fruit crop for the non-chernozem zone of Russia / V.D. Strelets, D.N. Nikitochkin, O. A. Vinogradov // Izvestia TSKHA, 2014. - Issue 4. - p. 119-124.
- [5] Romanova NG The fruits of hawthorn and mountain ash are a promising source of raw materials for the creation of functional food products // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2008. No. 9. S. 59-62 .
- [6] Kabaloeva A.S. Development of technologies for bakery and flour confectionery products for preventive purposes with the use of products of processing of fruits of wild hawthorn: dissertation abstract ... Candidate of technical sciences: 05.18.01, 05.18.15 / Kabaloeva Asyat Sergeevn. - Krasnodar, 2012. -16 s.
- [7] Karpacheva, TV Economic and biological assessment of selected forms and species of hawthorn in the conditions of the Central Black Earth Region: author. dis ... cand. agricultural sciences / T.V. Karpacheva. - Michurinsk, 2003. - 16 p.
- [8] Derkanosova N.M. Using composite mixtures of functional orientation in the production of cookies / N.M. Derkanosova, E.E. Kurchaeva, V.L. Paschenko, S.V. Kalashnikov // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. - 2018. - No. 2 (57). - from. 116-123
- [9] Kirtaeva T.N. Study of the influence of hawthorn fruits on the technological properties and consumer qualities of bakery products / T.N. Kirtaeva T.N., Kolesnik A.T.// Agrarian Bulletin of Primorye. 2019. No. 2 (14). S. 30-33.
- [10] Pashchenko V. Use of whole-ground flour from hawthorn fruits in biscuit technology / G. Magomedov, T. Ermolenko // Khleboпродукты. - 2011. - No. 6. - P. 38-39.
- [11] Recipes for biscuits, biscuits and waffles. - M.: Food industry, 1969. 553 p.
- [12] Skurikhin IM Chemical composition of Russian food products: a Handbook / edited by a corresponding member. MAI, Prof. I. M. Skurikhin and academician of the Russian Academy of Medical Sciences, prof. V.A., Tutelyana. - M.: DeLi print, 2002. - 236 p.

Сведения об авторах

Information about the authors

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	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
Горбачева Оксана Николаевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: E-mail: oxana.oksanich@yandex.ru	Gorbacheva Oksana Nikolaevna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: E-mail: oxana.oksanich@yandex.ru

Обоснование технологии композитной экструдированной смеси зерна пшеницы и виноградных косточек

Куручкин А.А., Кручинина Н.Э.

Аннотация. В статье обобщены сведения о технологиях композитных смесей, связанных между собой единой концепцией и базирующихся на принципах термовакуумной пластической экструзии. Представлены и обоснованы классификационные признаки таких технологий, а также их основные параметры. Приведены рациональные значения состава смесей с точки зрения соотношения и влажности входящих в них ингредиентов. Делается вывод о перспективности применения композитных смесей в технологиях функциональных или обогащенных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Ключевые слова: виноградные косточки, ингредиенты, композитная смесь, термовакуумная экструзия, свойства, технология.

Для цитирования: Куручкин А.А., Кручинина Н.Э. Обоснование технологии композитной экструдированной смеси зерна пшеницы и виноградных косточек // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 19–23.

Justification of the technology of composite extruded mixture of wheat grain and grape seeds

Kurochkin A.A., Kruchinina N.E.

Abstract. The article summarizes information about the technologies of composite mixtures linked by a single concept and based on the principles of thermal vacuum plastic extrusion. Classification features of such technologies, as well as their main parameters, are presented and justified. Rational values of the composition of mixtures in terms of the ratio and humidity of the ingredients included in them are given. The conclusion is made about the prospects of using composite mixtures in the technologies of functional or enriched bakery and flour confectionery products.

Keywords: grape seeds, ingredients, composite mixture, thermal vacuum extrusion, properties, technology.

For citation: Kurochkin A.A., Kruchinina N.E. Justification of the technology of composite extruded mixture of wheat grain and grape seeds. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.4 (25). pp. 19–23. (In Russ.).

Введение

Одним из перспективных путей повышения конкурентоспособности пищевой индустрии нашей страны является вовлечение в оборот новых сырьевых ресурсов, разработка оригинальных технологий и рецептур продуктов питания, а также расширение их товарной номенклатуры в части обогащенных и функциональных пищевых продуктов. В этих условиях применение нетрадиционного сырья и новых методов его обработки целесообразно дополнять интенсификацией технологических процессов, формированием новых потребительских свойств и повышением качества вырабатываемой продукции.

Эволюционный дрейф базовых технологий

переработки пищевого сырья под воздействием экономических факторов привел к обострению известного противоречия между требованиями к рациональному питанию человека и качеством современных пищевых продуктов.

Наиболее зримо это противоречие выражается в снижении биологической и энергетической ценности современных продуктов, за счет отказа от «балластных веществ», в число которых в ряде случаев без глубокого обоснования «назначены» весьма ценные пищевые ингредиенты.

Например в мукомольном производстве с целью улучшения внешнего вида и увеличения сроков хранения муки, из цельного зерна в процессе его переработки удаляется большая часть биологиче-

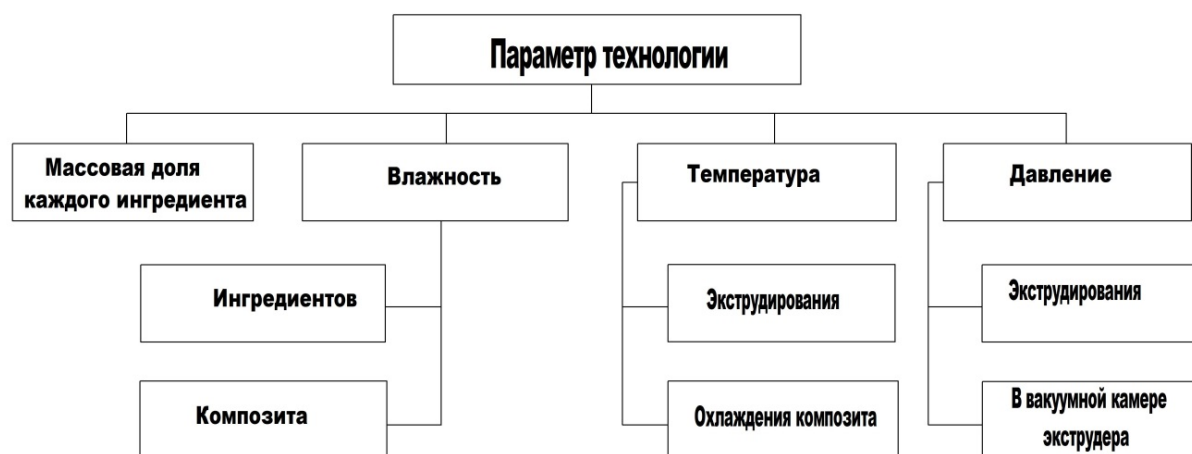


Рис. 1. Классификация параметров экструзионных технологий на основе термовакuumного эффекта

ски активных веществ, витаминов группы В, диетической клетчатки и минеральных веществ. С такой же целью при выработке различных видов рафинированного растительного масла из сырья удаляется значительная часть жирорастворимых витаминов, фосфатидов, незаменимых полиненасыщенных жирных кислот.

Жесткая рафинация многих видов пищевых продуктов, а также ряд других факторов привели к тому, что во многих регионах России рацион питания жителей в той или иной мере дефицитен в отношении полиненасыщенных жирных кислот (омега-3, омега-6), растворимых и нерастворимых пищевых волокон (пектин, камеди, слизи, целлюлоза и др.), витаминов (группы В, Е и др.), а также целого ряда минеральных веществ.

Известно, что семена винограда (виноградные косточки) содержат в своем составе белки, липиды, углеводы, вещества, обладающие Р-витаминной активностью (эпикатехин, рутин, органические кислоты), а также витамины, провитамины, макро- и микроэлементы. В сочетании с этим углеводы семян содержат практически все группы пищевых волокон — пектин, протопектин, целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин [4].

По содержанию витамина Е, ненасыщенных жирных кислот (НЖК), фитостеринов и пищевых волокон продукты переработки виноградных косточек могут быть отнесены к группе функциональных пищевых добавок, которые в современных технологиях продуктов питания применяются в виде муки, масла или шрота.

Недостатком технологий пищевых продуктов, в которых применяются виноградные косточки, является высокая трудоемкость получения продуктов их переработки и невозможность их даже кратковременного хранения без существенного ухудшения качества. При этом следует отметить, что выжимки, из которых выделяют косточки, плохо сохраняются; при хранении в семенах существенно снижается масличность, а также ухудшается качество масла из-за развития в нем гидролитических и окислительных процессов. Вследствие этого рекомендуется перерабатывать выжимки сразу после

их получения. Сушка сырья является чрезвычайно энергоемким технологическим процессом, требующим жесткого контроля за его температурным режимом. При этом основным препятствием, затрудняющим широкое использование полезных свойств масла виноградных семечек является высокие затраты на их переработку и проблемы с хранением получаемой пищевой добавки.

Одним из вариантов применения виноградных семечек, выгодным с технологической и экономической точек зрения, является выработка на их основе композитных смесей в виде экструдатов.

В соответствующих документах и ряде литературных источников под термином «композитные мучные смеси» понимают смесь в виде двух, трех и более компонентов для хлебобулочных, кондитерских, кулинарных и других изделий. Причем компонентами таких смесей наряду с мукой пшеничной и ржаной могут быть продукты переработки зерновых, крупяных косточковых культур — нативных, экструдированных, микронизированных и обработанных другими известными способами [1, 4]. Основой для такого определения была классификация основных, побочных продуктов и отходов хлебоприемных и зерноперерабатывающих организаций, приведенная в приложении к приказу Росгосхлебнадзора Российской Федерации от 05.09.03 г. №49. В настоящее время данный документ потерял юридическую силу, однако приведенное выше определение композитных мучных смесей не потеряло своей смысловой нагрузки.

В ряде случаев, когда для получения композитных смесей используется нативное зерно (семена), а в качестве готового продукта представлены экструдаты, более логично такие смеси называть композитные экструдированные смеси.

Цель работы — обоснование технологии производства композитной экструдированной смеси зерна пшеницы и виноградных семечек.

Объекты и методы исследования

Изучали и анализировали основные параметры технологий композитных экструдированных

Таблица 1 – Основные параметры экструзионных технологий пищевых продуктов

Ингредиенты экструдированной композитной смеси (а+б)	Параметры технологии						давление в вакуумной камере экструдера, МПа
	содержание, %		влажность, %			температура обработки, °С	
	а	б	а	б	композита		
Зерно пшеницы+ семена тыквы [2]	75-80	25-20	13-15	32-35	8-10	100-105	0,05
Зерно пшеницы+ семена расторопши [6]	75	25	14	24-28	8-10	100-105	0,05
Зерно пшеницы+ семена льна [3]	80	20	13-15	37-42	6-8	100-105	0,04-0,045
Зерно пшеницы+ семена кунжута [7]	80	20	14	40-42	7-9	105-110	0,035-0,04

смесей, базирующихся на принципах термовакуумной пластической экструзии.

Результаты и их обсуждение

Разработанный автором публикации способ производства экструдатов [8] позволил разработать целую группу технологий композитных мучных смесей, связанных между собой единой концепцией и базирующейся на принципах термовакуумной пластической экструзии. На рисунке показаны классификационные признаки таких технологий, а в таблице – параметры технологий и их численные значения.

Векторы развития анализируемых технологий характеризуются следующими принципами:

- совершенствование конструктивно-технологических параметров экструдеров и выбор рациональных режимов их работы;
- внесение в рецептуру экструдированных композитных смесей функциональных добавок с высокой биологической ценностью;
- совместная обработка нескольких видов сырья, взаимно дополняющих или обеспечивающих синергический эффект по своим биологическим, пищевым и иным статусам;
- изменение химического состава и функционально-технологических свойств путем целевого воздействия на отдельные ингредиенты сырья.

При этом каждое из этих направлений может быть реализовано как отдельно, так и в комплексе.

Анализ приведенной таблицы и первичных данных выполненных экспериментов, позволяет сделать следующие выводы:

1. Экструдированная композитная смесь на основе растительного сырья с повышенным содержанием липидов и (или) клетчатки может быть получена путем его переработки в смеси с наполнителем, имеющим в своем составе необходимое количество углеводов. В качестве примера можно привести такие данные. Применяемое в исследованиях зерно пшеницы сорта Саратовская 36 характе-

ризовалось следующими показателями: масса 1000 семян равнялась 34,2 г; количество полисахаридов (крахмал + гемицеллюлоза + клетчатка), белка и липидов составляло соответственно 62,8 (52,6 + 7,6 + 2,6); 12,4 и 2,2 %. Масса 1000 семян расторопши пятнистой сорта Дебют равнялась 26,8 г; содержание липидов, белка и клетчатки в семенах составляло соответственно 24,8; 22,3 и 33,0 % [6].

2. На качество получаемого экструдата влияет не только массовая доля влаги в обрабатываемой смеси, но и данный показатель для каждого ингредиента, входящего в состав смеси. В обрабатываемом сырье содержание воды, как правило, не превышает 20%, а в готовом продукте – 10% и меньше.

3. При производстве экструдатов с повышенным содержанием липидов температура нагрева обрабатываемого сырья не должна превышать 100-105 °С, а полученный продукт следует охладить и высушить до содержания массовой влаги не более 6-7 % сразу же после выхода из фильеры матрицы экструдера.

4. Приемлемое значение коэффициента взрыва экструдатов (3,0-3,5) при переработке сырья с содержанием липидов выше 7 % обеспечивается за счет создания в специальной (вакуумной) камере экструдера давления воздуха ниже атмосферного.

5. В зависимости от влажности обрабатываемого сырья и получаемого продукта рабочее давление воздуха в вакуумной камере экструдера составляет 0,03-0,08 МПа. Температуру обработки сырья следует учитывать и регулировать в зависимости от влажности ингредиентов смеси.

В анализируемых технологиях содержание воды в готовом продукте по сравнению с обрабатываемым сырьем снижается примерно в 2 раза и обеспечивается в основном за счет рабочего давления воздуха в вакуумной камере экструдера. Следует особо подчеркнуть, что во всех технических решениях какое-либо время выдержки экструдата в вакуумной камере не предусматривается, т.е. экструдат из нее сразу же с помощью шлюзового затвора выгружается за пределы машины. Измельчение

экструдата при выходе его из фильеры позволяет регулировать интенсивность термовакuumного воздействия за счет увеличения площади теплообмена получаемых частиц экструдата – чем меньше длина экструдата, тем больше поверхность теплообмена продукта с окружающей средой [1, 5]. При этом параметр, связанный с длительностью выдержки экструдата в вакуумной камере экструдера, может быть рекомендован в качестве резервного для технологий, в которых имеется необходимость увеличить производительность экструдера или перерабатывать сырье с повышенным содержанием воды.

Выводы

Исходные данные по проектированию технологии композитной смеси зерна пшеницы и виноградных семечек полностью укладывается в концепцию, основанную на принципах термовакuumной пластической экструзии растительного сырья, в котором ингредиенты содержат в значительных количествах липидов, пищевых волокон и углеводов. В связи с этим представляется актуальным экспериментальное обоснование основных технологических параметров данной технологии.

Список литературы

- [1] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Корячкина, С. Я. Функциональные пищевые ингредиенты и добавки для хлебобулочных и кондитерских изделий /С.Я. Корячкина, Т.В. Матвеева. – СПб.: ГИОРД, 2013. – 528 с.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Курочкин, А.А. Поликомпонентный композит на основе зерна пшеницы и семян кунжута /А.А. Курочкин, М.А. Потапов //Инновационная техника и технология. – 2020. – № 2 (23). – С. 11-16.
- [8] Патент 2460315 Российская Федерация МПК7 A23L1/00. Способ производства экструдатов /заявители: Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Авроров, П.А. Ерушов; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенская ГТА. – № 2011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25. – 6 с.

References

- [1] Innovations in extrusion /A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, A. A. Blinokhvatov [et al.] Penza: RIO PGU, 2018. – 247 p.
- [2] Voronina, P. K. Multifunctional composite with a high content of dietary fiber / P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. – 2015. – No. 4. – Pp. 65-71.
- [3] 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. – No. 4 (45). – Pp. 157-163.
- [4] Koryachkina, S. Ya. Functional food ingredients and additives for bakery and confectionery products /S. Ya. Koryachkina, T. V. Matveeva. Saint Petersburg: GIORД, 2013. – 528 p.
- [5] 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). – Pp. 5-11.
- [6] 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. – Pp. 76-81.
- [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. – Pp. 104-111.

- [8] Kurochkin, A. A. Multicomponent composite based on wheat grain and sesame seeds /A. A. Kurochkin, M. A. Potapov //Innovative equipment and technology. – 2020. – No. (23). – Pp. 11-16.
- [9] Patent 2460315 The Russian Federation, IPC 7 A23L1/00. Method for the production of extrudates / applicants: G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, G. V. Avrorov, P. A. Urusov; patentee GOU VPO Penza GTA. No. 2011107960; Appl. 01.03.2011; publ. 10.09.2011, bull. No. 25. – 6 p.

Сведения об авторах

Information about the authors

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	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
Кручинина Наталья Эдуардовна аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(965) 633-85-85 E-mail: kruchininane@gmail.com	Kruchinina Natalia Eduardovna postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(965) 633-85-85 E-mail: kruchininane@gmail.com

Зависимости свойств экструдатов из ячменя от регулируемых параметров обработки

Фролов Д.И., Лукьянова Е.А.

Аннотация. В статье рассматривается зависимость удельной механической энергии и физических свойств экструдатов ячменя (коэффициент расширения, насыпная плотность и твердость) от регулируемых параметров экструзионной обработки (температура на выходе из фильеры 120–150 °С, влажность сырья 20–24% и скорость вращения шнека 260–340 об/мин). В качестве статистического метода использовалась методология поверхности отклика. В качестве модели для подгонки экспериментальных данных использовалась модель полиномиальной регрессии второго порядка. Температура на выходе из фильеры и содержание влаги в сырье, а также взаимодействие между ними были факторами, которые больше всего влияли на характеристики продукта. Была обнаружена значительная корреляция между твердостью и насыпной плотностью, твердостью и коэффициентом расширения, насыпной плотностью и коэффициентом расширения для экструдатов ячменя. Оптимальными характеристиками были определены высокая температура на выходе из фильеры, низкая влажность и средняя или высокая скорость шнека.

Ключевые слова: экструзия, ячмень, мука, экструдат.

Для цитирования: Фролов Д.И., Лукьянова Е.А. Зависимости свойств экструдатов из ячменя от регулируемых параметров обработки // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 24–29.

Dependences of the properties of barley extrudates on the controlled processing parameters

Frolov D.I., Lukyanova E.A.

Abstract. The article examines the dependence of the specific mechanical energy and physical properties of barley extrudates (expansion coefficient, bulk density and hardness) on the adjustable parameters of extrusion processing (temperature at the exit from the die 120–150 °C, raw material moisture 20–24% and screw rotation speed 260–340 rpm). The response surface methodology was used as a statistical method. A second-order polynomial regression model was used as a model for fitting experimental data. The temperature at the outlet of the die and the moisture content of the raw materials, as well as the interaction between them, were the factors that most influenced the characteristics of the product. A significant correlation was found between hardness and bulk density, hardness and expansion coefficient, bulk density and expansion coefficient for barley extrudates. High temperature at the die outlet, low humidity and medium to high screw speed were determined to be optimal characteristics.

Keywords: extrusion, barley, flour, extrudate.

For citation: Frolov D.I., Lukyanova E.A. Dependences of the properties of barley extrudates on the controlled processing parameters. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.4 (25). pp. 24–29. (In Russ.).

Введение

Улучшение питательных характеристик продуктов и использование новых ингредиентов и технологий является актуальным в настоящее время

[1, 2]. Экструзионное приготовление - это относительно новый метод, используемый для производства многих различных видов пищевых продуктов, включая готовые к употреблению сухие завтраки, детское питание, супы быстрого приготовления, пе-

Таблица 1 – Исходные данные для удельной механической энергии (УМЭ), коэффициента расширения (КР), насыпной плотности (В) и твердости экструдатов ячменя

Т, °С	W, %	n, об/мин	Ячмень			
			УМЭ, кДж/кг	КР	В, г/см ³	Твердость, Н
120	20	260	453	2,3	0,424	613
120	24	340	432	2,4	0,441	473
135	22	300	332	3,2	0,335	412
120	20	340	567	2,8	0,372	459
110	22	300	442	2,2	0,467	551
135	25,4	300	316	3,7	0,34	548
150	20	340	340	1,8	0,258	634
135	22	300	369	3,9	0,307	454
135	18,6	300	459	4	0,279	461
150	24	260	432	4	0,159	429
135	22	300	367	3,2	0,286	544
135	22	367	442	3	0,204	400
135	22	300	332	3,1	0,277	417
135	22	300	332	3,7	0,274	442
150	20	260	453	1,8	0,278	519
150	24	340	216	4,4	0,106	295
120	24	260	432	2	0,443	509
160	22	300	221	3,1	0,103	276
135	22	233	442	2,3	0,348	470
135	22	300	332	3,2	0,29	417

чение и другие, поскольку он улучшает усвояемость и биодоступность питательных веществ [3, 4, 5].

Как правило, желательными характеристиками конечного продукта являются высокая степень расширения, низкая объемная плотность и прочная текстура [6, 7]. Эти характеристики регулируются свойствами сырья и параметрами процесса экструзии, такими как скорость подачи и содержание влаги, диаметр и форма фильеры, температура, профиль шнека и скорость [8, 9, 10].

Ячмень является ценной культурой с диетической точки зрения благодаря высокому содержанию Р-глюкана. Р-глюкан может помочь снизить уровень холестерина в крови и контролировать уровень сахара в крови, так как он связывает холестерин и желчные кислоты, тем самым облегчая их выведение из организма [11].

Основная цель этого исследования состояла в том, чтобы изучить влияние переменных экструзионной обработки: температуры на выходе из фильеры, влажности и скорости шнека, на удельную механическую энергию (УМЭ) и физические свойства (коэффициент расширения, объемная плотность и твердость) экструдатов из ячменя.

В качестве статистического метода использовалась методология поверхности отклика. В качестве модели для подгонки экспериментальных данных использовалась модель полиномиальной регрессии второго порядка.

Объекты и методы исследований

Ячменная мука была закуплена в продуктовой сети. Состав ячменной муки был следующим (на влажной основе): влажность 9,10%, золы 0,77%, белка 8,90%, жиры 0,95%, крахмала 66,7%.

При выполнении работы были использованы общепринятые стандартные методы исследований.

Все эксперименты по экструзии проводили с использованием одношнекового лабораторного экструдера ЭК-40 (диаметр шнека 40 мм) с использованием фильеры диаметром 3 мм. Влагосодержание муки определяли перед экструзией, а затем регулировали общую влажность экструдированной массы путем добавления воды в экструдер в соответствии с экспериментальной схемой. Перед взятием образца составы и условия экструзии оставляли для стабилизации в течение 10 мин. На основании предварительных испытаний экструдаты сушили в течение 5 минут при 105 °С в сушилке.

Центральное композиционное планирование эксперимента использовалось для оценки влияния переменных процесса экструзии на удельную механическую энергию и физические свойства экструдатов. Были добавлены дополнительные центральные точки, чтобы лучше измерить присущую изменчивость. Независимыми переменными были: температура на выходе из фильеры (Т) (120-150 °С), содержание влаги (W) (20-24 % в сыром виде) и скорость шнека (n) (260-340 об/мин). Исходные

Таблица 2 – Коэффициенты регрессии и оценки параметров модели удельной механической энергии (УМЭ), коэффициента расширения (КР), насыпной плотности (В) и твердости экструдатов ячменя

	УМЭ, кДж/кг	КР	В, г/см ³	Твердость, Н
Св.член	433,95	28,906	-1,821	585,099
T, °C	21,237	-0,049	0,026	21,314
T, °C ²	0,005	-0,002	0	-0,015
W, %	-147,938	-4,142	0,090	-68,580
W, % ²	5,085	0,024	0,002	6,982
n, об/мин	4,325	0,133	0,000	-2,495
n, об/мин ²	0,025	-0,000	0	0,003
T, °C*W, %	0,046	0,023	-0,002	-1,413
T, °C*n, об/мин	-0,092	-0,000	0	0,036
W, %*n, об/мин	-0,339	0,000	0,000	-0,205

Таблица 3 – Качественные показатели моделей

	Множест. R	Множест. R ²	F	p
УМЭ, кДж/кг	0,975	0,951	21,609	0,000
КР	0,904	0,817	4,968	0,010
В, г/см ³	0,968	0,937	16,533	0,000
Твердость, Н	0,720	0,519	1,199	0,388

данные представлены в таблице 1. Скорость подачи поддерживалась постоянной на уровне 14 кг в час для всех экспериментов, как определено в предварительных испытаниях экструзии. Модели полиномиальной регрессии второго порядка были использованы для соответствия экспериментальным данным (уравнение 1).

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (1)$$

где y – данные отклика, $x_1 - x_3$ – экспериментальные факторы, b_0 – константа, $b_1 - b_3$ – линейные коэффициенты, b_{11}, b_{22}, b_{33} – квадратичные коэффициенты, b_{12}, b_{13}, b_{23} – коэффициенты взаимодействия.

Программа Statistica 10 была использована для составления плана эксперимента, проведения статистического анализа и использовалась для разработки, оценки эффектов и получения поверхностей отклика.

Значения удельной механической энергии (УМЭ), были записаны после достижения устойчивого состояния.

Коэффициент расширения (КР) определяли как отношение между диаметром экструдатов (из-

меренным с помощью цифрового штангенциркуля) и диаметром отверстия фильеры экструдера (0,3 мм). Выбиралось среднее значение шести измерений.

Объемная плотность (В) определялась путем взвешивания количества экструдатов, необходимых для заполнения контейнера емкостью 500 мл, и выражалась в г/см³. Экструдаты добавляли в контейнер случайным образом, и контейнер несколько раз встряхивали во время заполнения. Когда экструдаты были более объемными, вместо них использовали контейнер объемом 1 л. Выбиралось среднее значение двух измерений для каждого условия обработки.

Твердость определяли путем измерения максимального усилия, необходимого для разрушения экструдатов. Выбиралось среднее значение не менее трех измерений.

Результаты и их обсуждение

Температура на выходе из фильеры и содержание влаги значительно влияли на удельную механическую энергию экструзии муки из ячменя ($p < 0,01$). Линейный эффект скорости вращения шнека был незначительным, но квадратичный эффект и взаимодействие с температурой на выходе из фильеры и содержанием влаги были значительными ($p < 0,05$).

Влажность больше всего повлияла на удельную механическую энергию. Поверхности отклика (рис.1) показали, что при низких температурах на выходе из фильеры увеличение содержания влаги в муке не оказывает влияния на удельную механическую энергию. Коэффициенты регрессии и соответствие моделей (p-значения) представлены в таблице 2.

Влажность и скорость шнека были факторами, влияющими на расширение больше всего (таблица 2). Квадратичный эффект температуры на выходе из фильеры на КР также был значительным ($p < 0,05$). Значения КР варьировались от 3,2 до 4,8. Более высокие значения расширения экструдатов ячменя были получены при низкой влажности и высокой скорости вращения шнека. Эти результаты согласуются с другими исследованиями [8].

На насыпную плотность экструдатов ячменя значительно ($p < 0,05$) влияли все факторы, включая все три члена взаимодействия (таблица 1), причем наиболее важным было содержание влаги. Значения находились в диапазоне от 45 до 148 г/см³. Согласно полученной модели (рис. 3), низкая влажность при относительно высокой температуре и средней или высокой скорости вращения шнека дает продукт с низкой объемной плотностью. Влияние взаимодействия между температурой на выходе из фильеры и содержанием влаги на насыпную плотность было очень значительным ($p < 0,01$).

На твердость влияли все три фактора, так как взаимодействие между температурой и скоростью

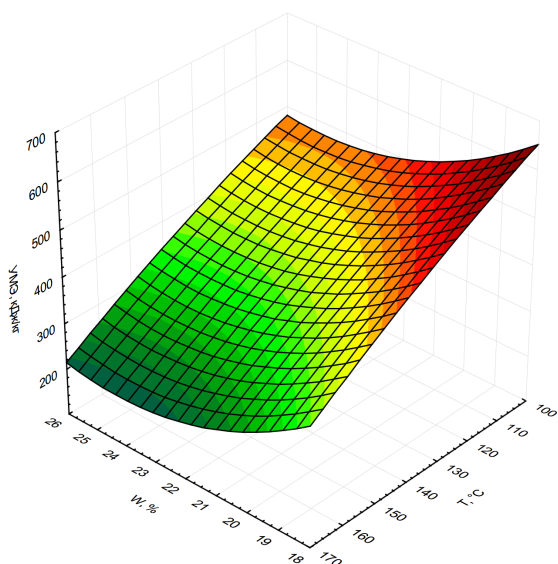


Рис. 1. Поверхность отклика для удельной механической энергии в зависимости от температуры на выходе из фильеры и содержания влаги для ячменной муки

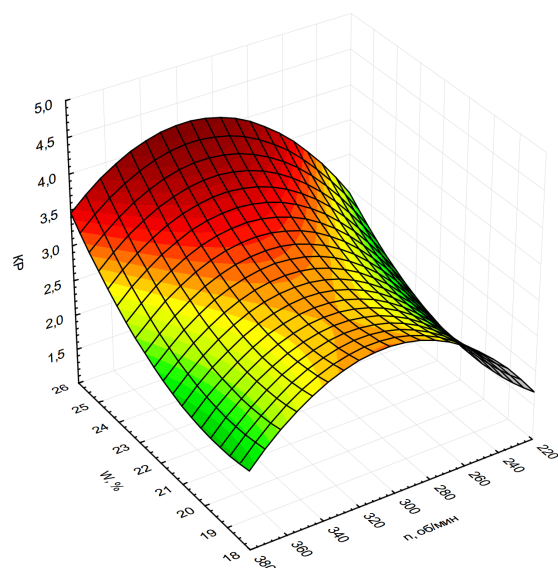
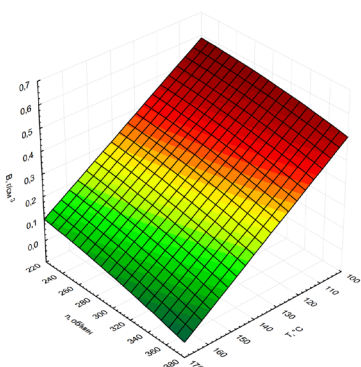
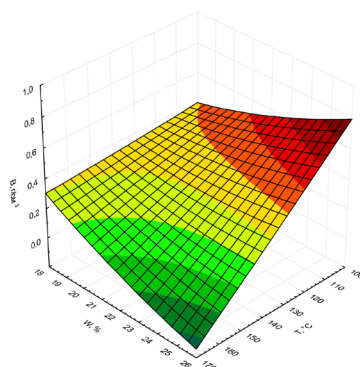


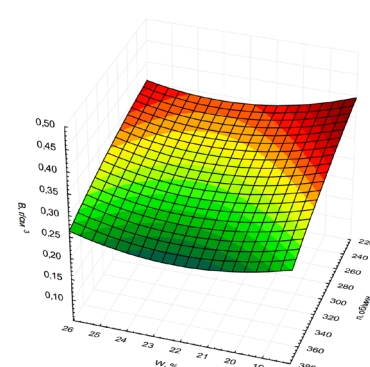
Рис. 2. Поверхность отклика степени расширения для экструдатов ячменя в зависимости от скорости вращения шнека и содержания влаги



а)

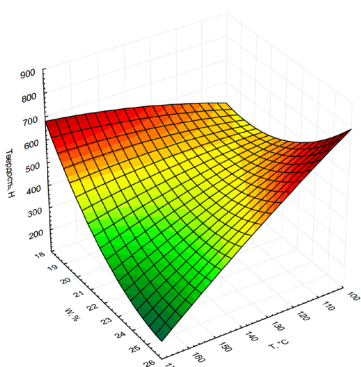


б)

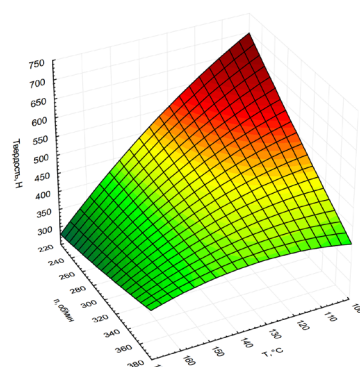


в)

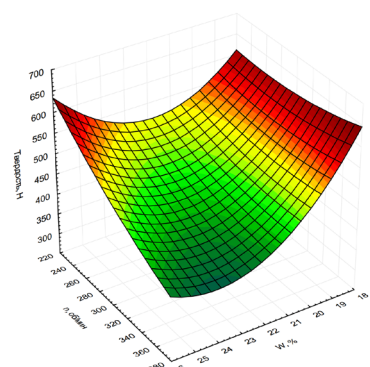
Рис. 3. Поверхность отклика насыпной плотности для экструдатов ячменя: а) в зависимости от температуры на выходе из фильеры и скорости вращения шнека; б) в зависимости от температуры и влажности на выходе из фильеры; в) в зависимости от скорости вращения шнека и влажности.



а)



б)



в)

Рис. 4. Поверхность отклика твердости экструдатов ячменя в зависимости от: а) температуры и влажности на выходе из фильеры; б) температуры на выходе из фильеры и скорости вращения шнека; в) скорости вращения шнека и влажности

вращения шнека также было значительным ($p < 0,05$) (таблица 1). Твердость экструдатов ячменя находилась в диапазоне от 184 до 312 Н. Поверхно-

сти отклика показали, что низкая влажность, высокая температура и скорость шнека от умеренной до высокой дают экструдаты ячменя с более низкими

значениями твердости (рис. 4). В настоящем исследовании значения содержания крахмала и белка для ячменной муки составляли 66,7 и 8,9%.

Значительная ($p < 0,05$) корреляция была обнаружена между твердостью и насыпной плотностью (положительная), твердостью и коэффициентом расширения (отрицательная), а также насыпной плотностью и коэффициентом расширения (отрицательная) для экструдатов ячменя. Эти результаты согласуются с другими исследованиями [4, 12]. Ученые сообщали о положительной корреляции между удельной механической энергией и индексом поперечного расширения экструдатов ячменя в зависимости от конфигурации шнека и сырья (ячменная мука и ячменная крупа).

Выводы

Было оценено влияние температуры на выходе из фильеры, содержания влаги и скорости шнека на удельную механическую энергию и физические свойства (коэффициент расширения, объемная плотность и твердость) экструдатов ячменя. Содержание влаги больше всего повлияло на удельную механическую энергию. Повышение температуры на выходе из фильеры и содержания влаги привело к снижению значений удельной механической энергии. Оптимальными характеристиками для экструдатов ячменя были определены высокая температура на выходе из фильеры, низкая влажность и средняя или высокая скорость шнека.

Список литературы

- [1] Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4. С. 79–83.
- [2] Технологические аспекты регулирования выхода экстракта при получении пивного сусла / П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 2. С. 13–20.
- [3] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 3 (42). С. 104–111.
- [4] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сусла 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.
- [5] 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.
- [6] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [7] 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.
- [8] Потапов М.А., Фролов Д.И., Курочкин А.А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Т. 5. № 4. С. 42–48.
- [9] Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 94–99.
- [10] 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.
- [11] Liu R.H. Whole grain phytochemicals and health. J. Cereal Sci. 46: 207-219 (2007).
- [12] 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.

References

- [1] Prospects for the use of extruded buckwheat in brewing and baking / G.V. Shaburov, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2014. No. 4. pp. 79–83.
- [2] Technological aspects of regulating the yield of the extract when obtaining beer wort / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2020. Vol. 8. No. 2. pp. 13–20.

- [3] Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and food fibers / A.A. Kurochkin, P.K. Voronin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Technics and technology of food production. 2016. No. 3 (42). pp. 104-111.
- [4] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronin, D.I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2014. No. 6 (22). pp. 103-109.
- [5] 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 region. 2017. No. 4 (45). pp. 157-163.
- [6] Increasing the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of the modernized extruder / D.I. Frolov [and others] // Niva of the Volga region. 2019. No. 2 (51). pp. 134-143.
- [7] Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of the modernized extruder / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // News of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No. 3. pp. 15-20.
- [8] Potapov M.A., Frolov D.I., Kurochkin A.A. Optimization of the number of holes in the die of a single-screw extruder for processing poultry manure // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2020. T. 5. No. 4. pp. 42-48.
- [9] Regulation of the structure of extrudates of starch-containing grain raw materials / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // News of the Samara State Agricultural Academy. 2013. No. 4. pp. 94-99.
- [10] Kurochkin A.A., Frolov D.I., Voronina P.K. Determination of the main parameters of the vacuum chamber of the modernized extruder // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. No. 4 (32). pp. 172-177.
- [11] Liu R.H. Whole grain phytochemicals and health. J. Cereal Sci. 46: 207-219 (2007).
- [12] Modeling the process of extrudates production based on a new technological solution / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // Niva of the Volga region. 2014. No. 30, pp. 70-76.

Сведения об авторах

Information about the authors

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	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
Лукьянова Елизавета Александровна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: E-mail: liza-lukyanova-97@mail.ru	Luk'yanova Elizaveta Aleksandrovna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: E-mail: liza-lukyanova-97@mail.ru

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 631.3; 004

Беспилотные аппараты для сельского хозяйства: обзор и концепция совершенствования

Скопинцев К.Ю., Никитин Д.В.

Аннотация. Рассмотрен анализ современного состояния робототехнических средств для сельского хозяйства. Как показал анализ, современная тенденция развития робототехники для сельского хозяйства направлена на создание беспилотных аппаратов, состоящих из различных технических и интеллектуальных систем, которые необходимо интегрировать и правильно синхронизировать для эффективного выполнения сельскохозяйственных операций. Вместе с тем приоритетной задачей создания новых и совершенствования существующих конструкций беспилотных аппаратов для выполнения комплекса механизированных работ в сельском хозяйстве является создание дешевого, конкурентоспособного продукта с простым интерфейсом и низким порогом вхождения для оператора аппарата. В этой связи на этапе исследований важно заложить фундамент поэтапной концепции развития и совершенствования отечественного роботостроения в агропромышленном комплексе. На первом этапе предлагаемой концепции необходимо разработать простой, коммерчески доступный продукт для фермерских хозяйств и КФХ, осуществляющий многопараметрический контроль за парком технических средств. На втором этапе необходимо показать максимальную практическую пользу робототехнических решений, используемых без глубоких вмешательств в конструкцию технического средства, оставляющих возможность выбора управления процессом. Базируясь на экспериментальных разработках второго этапа, третий этап предполагает создание рабочего варианта технического зрения, способного определять характеристики растений (этапы созревания, болезни), распознавать человека, насекомых, препятствия, неровности дороги, параметры дороги, такие как: твердое покрытие или полевая дорога. При этом система должна передавать/принимать данные внутри сельскохозяйственной экосистемы, а также создавать шаблоны передвижения технического средства. Заключительный этап концепции предполагает развитие системы управления техническим средством без участия человека на трассах, полях, производственных территориях и пересеченной местности. Предлагаемая концепция позволит проектировать и разрабатывать беспилотные аппараты нового поколения для эффективного выполнения сельскохозяйственных операций.

Ключевые слова: робототехника, беспилотные аппараты, сельское хозяйство, обзор, концепция развития.

Для цитирования: Скопинцев К.Ю., Никитин Д.В. Беспилотные аппараты для сельского хозяйства: обзор и концепция совершенствования // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 30–35.

Unmanned agriculture: overview and improvement concept

Skopintsev K. Yu., Nikitin D. V.

Abstract. The analysis of the current state of robotic means for agriculture is considered. As

the analysis has shown, the current trend in the development of robotics for agriculture is aimed at creating unmanned vehicles consisting of various technical and intelligent systems that need to be integrated and correctly synchronized for the efficient performance of agricultural operations. At the same time, the priority task of creating new and improving existing designs of unmanned vehicles for performing a complex of mechanized work in agriculture is the creation of a cheap, competitive product with a simple interface and a low entry threshold for the operator of the vehicle. In this regard, at the research stage, it is important to lay the foundation for a phased concept for the development and improvement of domestic robotics in the agro-industrial complex. At the first stage of the proposed concept, it is necessary to develop a simple, commercially available product for farms and peasant farms that carries out multi-parameter control over the fleet of technical means. At the second stage, it is necessary to show the maximum practical benefit of robotic solutions used without deep interventions in the design of the technical means, leaving the choice of process control. Based on the experimental developments of the second stage, the third stage involves the creation of a working version of technical vision capable of determining the characteristics of plants (stages of maturation, diseases), recognizing humans, insects, obstacles, road irregularities, road parameters such as: hard surface or field road. In this case, the system must transmit / receive data within the agricultural ecosystem, as well as create templates for the movement of a technical vehicle. The final stage of the concept involves the development of a control system for a technical facility without human intervention on highways, fields, industrial areas and rough terrain. The proposed concept will make it possible to design and develop a new generation of unmanned aerial vehicles for efficient agricultural operations.

Keywords: robotics, unmanned vehicles, agriculture, overview, development concept.

For citation: Skopintsev K. Yu., Nikitin D. V. Unmanned agriculture: overview and improvement concept. *Innovative Machinery and Technology*. 2020. No.4 (25). pp. 30–35. (In Russ.).

Введение

В последние годы во всем мире проведено значительное количество исследований в области создания автономных робототехнических средств для выполнения сельскохозяйственных операций. Разработаны различные полукommerческие и коммерческие образцы инновационной беспилотной наземной и воздушной техники. Для успешного выполнения задач в неструктурированной сельскохозяйственной среде были применены последние достижения в области интеллектуальных систем. Вместе с тем стоимость подобных автоматизированных платформ остается достаточно высокой, а также существует ряд проблем адаптации беспилотников к изменяющимся условиям окружающей среды.

Беспилотные наземные аппараты (БНА) для выполнения сельскохозяйственных операций были определены в этой статье, как автоматические машинные комплексы, выполнявшие аграрные и частично транспортные задачи. БНА в будущем ключевой элемент для выполнения гибких задач в АПК секторе. Такие машины упрощают задачи выполнения комплекса механизированных работ в сельском хозяйстве [1].

В настоящее время БНА все чаще используются в отрасли АПК: современный трактор способен без вмешательства водителя обрабатывать почву, при этом позиционировать сельскохозяйственный агрегат с наиболее высокой точностью, повышая

эффективность обработки почвы, одновременно снижая трудозатраты [2].

Преимущества применения БНА заключаются в следующем:

- большая точность и скорость выполнения операций;
- отсутствие человеческого фактора;
- выполнение монотонных и тяжелых работ;
- функционирование в агрессивных, вредных и опасных местах, недоступных человеку;
- отсутствие потребности в социальных расходах и ряд других преимуществ.

Целью работы являлось анализ современного состояния робототехнических средств в сельском хозяйстве и разработка поэтапной концепции проектирования и конструирования отечественных беспилотных аппаратов нового поколения.

Объекты и методы исследования

Основные методологические задачи, приведшие к концепции настоящего обзора, заключаются в следующем: выявить существующие в настоящее время беспилотные наземные аппараты для сельского хозяйства; выполнить анализ основных текущих ключевых проблем беспилотных наземных аппаратов; предложить поэтапную концепцию проектирования и конструирования конкурентоспособных отечественных беспилотных аппаратов нового поколения для эффективного выполнения сельскохозяйственных операций.

Результаты и их обсуждение

Для создания высокоэффективных БНА надо решить ряд основных проблем.

Первая проблема при создании БНА – это наличие точной навигации транспортного средства. Несмотря на высокий уровень сложности и в настройке, и в сервисном обслуживании, большинство зарубежных и российских разработчиков строят технологию с применением лидара [2]. Однако лидар имеет ряд ограничений. Например, в условиях плохой погоды беспилотник с лидаром не сможет беспрепятственно преодолевать расстояния – система не функционирует ни в тумане, ни в снегопад. Также лидар очень дорог – наличие только одного лидара повышает себестоимость транспортного средства на несколько тысяч долларов США.

Оптические системы навигации также не способны полностью функционировать в сложных условиях. Оптическая система может надежно работать только в легкий дождь или пролетающий снег. Практически отсутствуют экспериментально проверенные данные о безошибочной работе автопилота в снегопад, ливень или в плотном тумане. Даже при «идеальных» (солнечная погода) погодных условиях автопилот не всегда адекватно реагирует на внешние факторы. Практикой подтверждены ошибки камер Autopilot (в результате ослепление солнечными лучами) известных мировых производителей робомобилей Tesla, приведшие к возникновению серьезного дорожно-транспортного происшествия. Это свидетельствует о несовершенстве существующих навигационных систем, требующих глубоких фундаментальных исследований.

Сегмент тракторов без водителя наиболее перспективный для роста в прогнозном периоде и в ближайшей перспективе сможет составить конкуренцию лидерам роботизации АПК – агродронам, так как автономные тракторы уже довольно давно проходят полевые испытания в США, Китае, Японии и Индии [3].

По утверждению аналитиков повышение доступности систем автоматического управления и повышение точности при помощи GPS позволяют тракторам и другим сельскохозяйственным наземным транспортным средствам работать автономно. Более легкие и компактные тракторы заменят тяжелые модели в будущем, чтобы минимизировать повреждение почвы. Высокая стоимость автономных тракторов уже подтолкнула некоторые компании к принятию модели лизинга.

Сельскохозяйственные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) также относятся к фаворитам. Фермеры все чаще обращают внимание на беспилотники из-за их доступности и преимуществ для мониторинга и опрыскивания урожая. Подходят они и для управления животноводческой фермой. Так, в 2020 году, сегмент БПЛА или беспилотников, по оценкам будет занимать наибольшую долю рынка.

Востребованность агродронов будет неизбежно возрастать, так как они являются недорогими сельскохозяйственными роботами, которые могут использоваться на фермах разных размеров, особенно на полях менее 50 га. С ростом инвестиций в разработки, можно ожидать удешевления агродронов и появления новых беспилотников с усовершенствованным функционалом. Разнообразие и количество полевых роботов превалирует над роботами для «внутренних работ».

«Внутренние» роботы (доильные аппараты, роботы для обработки растений и сбора фруктов) занимают меньшую часть рынка, так как фермеры заинтересованы в помощниках для обработки больших площадей.

Одной из приоритетных площадок развития роботизации является сегмент растениеводства, где востребованы автоматизированные комбайны и тракторы. Большинство приложений для беспилотных летательных аппаратов ориентированы на кукурузу и сахарный тростник. Также перспективным направлением для снижения экологической нагрузки на окружающую среду является создание БНА на газодизельных двигателях [4].

К 2025 году большая доля рынка агроботов сконцентрируется в Северной и Южной Америке. Число фермеров, выбирающих автоматизацию сельскохозяйственной деятельности, постоянно растет в регионе на фоне ужесточения иммиграционного контроля и нехватки рабочей силы.

Роботизированные уборочные машины проходят испытания во Флориде и Калифорнии для сбора яблок, клубники, винограда и других культур. Многие крупные фермерские компании в настоящее время являются стратегическими инвесторами для роботизированных стартап-компаний.

Ожидается, что Канада и Мексика также продемонстрируют положительную тенденцию к внедрению сельскохозяйственных роботов.

Основными разработчиками БНА сейчас являются компании: Deere & Company (США), Trimble (США), AGCO Corporation (США), AgJunction (США), DJI (Китай), Boumatic (Нидерланды), Lely (Нидерланды), DeLaval (Швеция), Topcon (США) и AgEagle Aerial Systems (США). Кроме того, Abundant Robotics (США) и Iron Ox (США).

На основании проведенного анализа представим концепцию создания новых и совершенствование существующих конструкций беспилотных наземных аппаратов для сельского хозяйства в несколько этапов.

На первом этапе необходимо разработать простой, доступный продукт для фермерских хозяйств и КФХ, то есть средство для контроля за техническими средствами.

Основными требованиями, предъявляемыми к такому продукту, будут являться:

- дешевизна;
- удобство использования;
- модульность;

- стабильность;
- хорошая техническая поддержка;
- надежность;
- статистика и аналитика внутри продукта, предоставляемая конечному пользователю;
- интеграция в интернет.

Главным инструментом сбора информации и статистики будет выступать модуль, устанавливаемый на технического средства (ТС), который должен быть простым, надёжным и дешёвым, а также с возможностью его установки без глубокого вмешательства в конструкцию ТС. При этом данное устройство обязано считывать максимальное количество параметров и иметь связь с сервером сбора статистики и ГЛОНАСС.

Основные параметры технических средств, которые необходимо заносить в базу данных:

- расход топлива;
- количество топлива;
- время работы;
- время простоя;
- количество рейсов и количество груза, перевезённого за определенное время для грузового ТС;
- производительность ТС на обработке почвы.

Таким образом, на основе собранной информации необходимо предоставлять конечному пользователю, помимо основных параметров, аналитические данные, основанные на статистике, а именно:

- необходимое количество топлива на обработку 1 га почвы, определенного ТС;
- необходимое количество времени на обработку 1 га почвы, определенного ТС;
- необходимое количество топлива на перевозку 1 тонны груза на 1 км определенного ТС;
- необходимое количество времени на перевозку 1 тонны груза на 1 км определенного ТС;
- наиболее производительный ТС;
- сводную статистику по всем ТС.

Для конечного пользователя эти данные необходимо структурировать и вывести в наиболее доступной форме на ПК или смартфон посредством системы «сервер → клиент».

При этом клиент будет иметь свой личный кабинет, что дает возможность владеть обширной статистикой для разработки робототехники и инструментом продвижения собственных товаров и услуг. Стоит отметить необходимость создания функционального и простого интерфейса данного продукта.

На втором этапе необходимо показать максимальную практическую пользу робототехнических решений, осуществляемых без глубоких вмешательств в конструкцию ТС, оставляя возможность выбора управления процессом. При этом окончательно сформировать сельскохозяйственную экосистему и соединить в единую сеть все ТС внутри хозяйства.

Для этого необходимо создать замкнутую систему, предоставляющую для конечного клиента

варианты решений задач, основанных на статистике. Например:

1. Иванов И.И.
 - К-701
 - Производительность: 1,2 га/час
 - Расход топлива: 30л/час
 - Наиболее производительные поля: №1, №7, №9
 - Наименее производительные поля: №2, №3, №8
 - Наиболее производительные время: день
 - Эксплуатация ТС: нормально
2. Федоров И.И.
 - К-701
 - Производительность: 1,3 га/час
 - Расход топлива: 32л/час
 - Наиболее производительные поля: №2, №3, №8
 - Наименее производительные поля: №1, №7, №9
 - Наиболее производительные время: ночь
 - Эксплуатация ТС: нормально

Опираясь на статистику, мы можем предоставить клиенту вариант эксплуатации трактора в две смены: при этом на разных полях в силу индивидуальных умений трактористов, основанных на статистике, для экономии топлива и времени.

Далее необходимо внедрить робототехнику в сельскохозяйственную экосистему по трём категориям:

1. Системы помощи: помощь при посеве, основанная на корректировке направления движения ТС, синхронизация скорости, система памяти движения по полю, передаваемая внутри экосистемы между ТС и корректировки относительно габаритов, что даст экономию на топливе и большую производительность.
2. Системы контроля: видеорегистратор с потоковой передачей, контроль качества зерна, контроль загрязненности масла и топлива, контроль веса грузовых авто.
3. Экспериментальные системы необходимые для дальнейшего развития: компьютерное зрение, роботизация КПП, роботизация гидравлической части ТС, роботы компаньоны для АПК.

На третьем этапе, базируясь на экспериментальных разработках второго этапа, необходимо создать рабочий вариант компьютерного зрения, способного распознавать препятствия, неровности дороги, параметры дороги, такие как: твердое покрытие или полевая дорога. При этом система должна передавать/принимать данные внутри экосистемы, создавать шаблоны передвижения ТС.

Роботизированную КПП синхронизировать с системой управления и тормозной системой, добиться полного контроля автомобиля, при этом оставить главенствующим в принятии решений - водителя ТС.

Заключительный этап концепции предполагает развитие системы управления ТС без участия

человека на трассах, полях, производственных территориях и пересеченной местности, в том числе и разработку ТС изначально направленного на работу без человека.

Выводы

Современная тенденция развития робототехники для сельского хозяйства направлена на создание беспилотных аппаратов, состоящих из различных технических и интеллектуальных систем, которые необходимо интегрировать и правильно синхронизировать для эффективного выполнения сельскохозяйственных операций. Для проектирования и разработки отечественных беспилотных аппаратов нового поколения предложена поэтапная концепция, включающая:

1. Разработку общего программного решения для предприятий АПК сектора.

2. Разработку программного решения объединяющего технические средства хозяйства в единую систему.

3. Разработку технических решений роботизации транспортных средств без полной передачи управления компьютеру.

4. Разработку технических решений роботизированного управления техническими средствами и беспилотными наземными аппаратами без вмешательства человека.

Реализация этой концепции позволит проектировать и разрабатывать конкурентоспособные беспилотные аппараты нового поколения для эффективного выполнения сельскохозяйственных операций.

Список литературы

- [1] Рунов, Б.А. Применение робототехнических средств в АПК: статья [Текст] / Б.А. Рунов // С.-х. машины и технологии, 2016, №2. С. 44
- [2] Faieza A.A., Johari R.T., Anuar A.M., Rahman M.H.A., Johar A. Review on Issues Related to Material Handling using Automated Guided Vehicle. Advanced Robot Automation 5: 140.2006. DOI: 10.4172/2168-9695.1000140
- [3] Li, Yibo & Cao, Qi & Liu, Fang. (2020). Design of control system for driverless tractor. MATEC Web of Conferences. 309. 04001. 10.1051/mateconf/202030904001.
- [4] Аль-Майди А.А.Х. Перспективы переоборудования сельскохозяйственных дизельных машин на газомоторное топливо / Аль-Майди А.А.Х., Д.А. Чернецов, Ю.В. Родионов, П.И. Селиванова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2017. №4(66). С. 200-206.
- [5] Конкин, Ю.А. Экономика технического сервиса на предприятиях АПК / К.З. Бисултанов, М.Ю. Конкин. под ред. Ю.А. Конкина. М.: Колос, 2005. 368 с.
- [6] Мишин, Б.С. Системы управления машинами и агрегатами в маточниках и питомниках на основе следящего рабочего органа. [Текст] / Б.С. Мишин, А.С. Гордеев, В.Ю. Ланцев // Робототехника в сельскохозяйственных технологиях: матер. Междунар. науч. практ. конф. 10-12 ноября 2014 года. Мичуринск: Изд-во ООО «БиС». 2017. с. 104-109.
- [7] Мишин, Б.С. Следящая система рабочего органа для подрезки растений. [Текст] / Б.С. Мишин, А.С. Гордеев // Робототехника в сельскохозяйственных технологиях: матер. Междунар. науч. практ. конф. 10-12 ноября 2014 года. Мичуринск: Изд-во ООО «БиС». 2017. с. 225-229.
- [8] Бабушкин, В.А. Проект наземного роботизируемого комплекса для нужд садоводства и растениеводства / В.А. Бабушкин, Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, В.П. Николашин, С.И. Данилин, Р.Р. Ковалев, В.А. Юдаев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 6-13.
- [9] The control system of universal platform for agriculture based on machine vision technology Siuhin A., Nikolukin M., Nikitin D. // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2019. С. 00017.
- [10] Никитин, Д.В. Система управления универсальной платформой для сельского хозяйства на основе технологии машинного зрения / Д.В. Никитин, А.А. Сиухин, М.С. Николукин // В сборнике: Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК. 2019. С. 382-387.
- [11] Никитин, Д.В. Алгоритм анализа положения окружающих объектов системой управления универсальной платформой для сельского хозяйства на основе технологии машинного зрения / Д.В. Никитин, А.А. Сиухин, М.В. Зверев // В сборнике: Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК. 2019. С. 395-399.

References

- [1] Runov, B.A. Primenenie robototekhnicheskikh sredstv v APK: stat'ya [Tekst] / B.A. Runov // S.-kh. mashiny i tekhnologii, 2016, No.2. P. 44.

- [2] Faieza A.A., Johari R.T., Anuar A.M., Rahman M.H.A., Johar A. Review on Issues Related to Material Handling using Automated Guided Vehicle. *Advanced Robot Automation* 5: 140.2006. DOI: 10.4172/2168-9695.1000140.
- [3] Li, Yibo & Cao, Qi & Liu, Fang. (2020). Design of control system for driverless tractor. *MATEC Web of Conferences*. 309. 04001. 10.1051/mateconf/202030904001.
- [4] Al'-Maidi A.A.Kh. Perspektivy pereoborudovaniya sel'skokhozyaistvennykh dizel'nykh mashin na gazomotornoe toplivo / Al'-Maidi A.A.Kh., D.A. Chernetsov, Yu.V. Rodionov, P.I. Selivanova // *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki*. Universitet im. V.I. Vernadskogo. 2017. No.4(66). pp. 200-206.
- [5] Konkin, Yu.A. *Ekonomika tekhnicheskogo servisa na predpriyatiyakh APK* / K.Z. Bisultanov, M.Yu. Konkin. pod red. Yu.A. Konkina. M.: Kolos, 2005. 368 p.
- [6] Mishin, B.S. Sistemy upravleniya mashinami i agregatami v matochnikakh i pitomnikakh na osnove sledyashchego rabocheho organa. [Tekst] / B.S. Mishin, A.S. Gordeev, V.Yu. Lantsev // *Robototekhnika v sel'skokhozyaistvennykh tekhnologiyakh: mater. Mezhdunar. nauch. prakt. konf. 10-12 noyabrya 2014 goda*. Michurinsk: Izd-vo OOO «BiS». 2017. pp. 104-109.
- [7] Mishin, B.S. Sledyashchaya sistema rabocheho organa dlya podrezki rastenii. [Tekst] / B.S. Mishin, A.S. Gordeev // *Robototekhnika v sel'skokhozyaistvennykh tekhnologiyakh: mater. Mezhdunar. nauch. prakt. konf. 10-12 noyabrya 2014 goda*. Michurinsk: Izd-vo OOO «BiS». 2017. pp. 225-229.
- [8] Babushkin, V.A. Proekt nazemnogo robotiziruемого kompleksa dlya nuzhd sadovodstva i rastenievodstva / V.A. Babushkin, Yu.V. Rodionov, D.V. Nikitin, V.P. Nikolashin, S.I. Danilin, R.R. Kovalev, V.A. Yudaev // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. No.4. pp. 6-13.
- [9] The control system of universal platform for agriculture based on machine vision technology Siuhin A., Nikolukin M., Nikitin D. // *V sbornike: E3S Web of Conferences*. 2019. P. 00017.
- [10] Nikitin, D.V. Sistema upravleniya universal'noi platformoi dlya sel'skogo khozyaistva na osnove tekhnologii mashinnogo zreniya / D.V. Nikitin, A.A. Siukhin, M.S. Nikolyukin // *V sbornike: Sovremennye problemy osvoeniya novoi tekhniki, tekhnologii, organizatsii tekhnicheskogo servisa v APK*. 2019. pp. 382-387.
- [11] Nikitin, D.V. Algoritm analiza polozheniya okruzhayushchikh ob'ektov sistemoi upravleniya universal'noi platformoi dlya sel'skogo khozyaistva na osnove tekhnologii mashinnogo zreniya / D.V. Nikitin, A.A. Siukhin, M.V. Zverev // *V sbornike: Sovremennye problemy osvoeniya novoi tekhniki, tekhnologii, organizatsii tekhnicheskogo servisa v APK*. 2019. pp. 395-399.

Сведения об авторах

Information about the authors

Скопинцев Константин Юрьевич магистрант кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112А Тел.: +7(909) 235-03-56 E-mail: bmwtmb@gmail.com	Skopintsev Konstantin Yur'evich undergraduate of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(909) 235-03-56 E-mail: bmwtmb@gmail.com
Никитин Дмитрий Вячеславович кандидат технических наук доцент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112А Тел.: +7(915) 862-53-23 E-mail: vacuum2008@yandex.ru	Nikitin Dmitriy Vyacheslavovich associate professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(915) 862-53-23 E-mail: vacuum2008@yandex.ru

Оценка некоторых параметров энергосберегающего экструдера

Куручкин А.А., Шептак Т.В.

Аннотация. В работе представлен один из вариантов конструктивно-технологической схемы экструдера, обеспечивающего энергосберегающую термовакуумную обработку растительного сырья. Предложены теоретические зависимости, позволяющие анализировать влияние термовакуумного эффекта на параметры водяного пара, удаляемого из межстенного пространства загрузочной камеры модернизированного экструдера. Показана связь коэффициента, учитывающего влияние термовакуумного эффекта в автогенном одношнековом экструдере на другие значимые технические и технологические показатели машины.

Ключевые слова: энергосберегающий экструдер, загрузочная камера, водяной пар, идеальный газ, вакуумный насос, термовакуумный эффект.

Для цитирования: Куручкин А.А., Шептак Т.В. Оценка некоторых параметров энергосберегающего экструдера // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 36–39.

Evaluation of some parameters of an energy-saving extruder

Kurochkin A.A., Sheptak T.V.

Abstract. The paper presents one of the variants of the design and technological scheme of the extruder, which allows energy-saving thermal vacuum processing of vegetable raw materials. Theoretical dependences are proposed that allow analyzing the effect of the thermal vacuum effect on the parameters of water vapor removed from the inter-wall space of the loading chamber of the upgraded extruder. The relation of the coefficient that takes into account the effect of the thermal vacuum effect in an autogenic single-screw extruder on other significant technical and technological indicators of the machine is shown.

Keywords: energy-saving extruder, loading chamber, water vapor, ideal gas, vacuum pump, thermal vacuum effect.

For citation: Kurochkin A.A., Sheptak T.V. Evaluation of some parameters of an energy-saving extruder. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.4 (25). pp. 36–39. (In Russ.).

Введение

Известно, что обработка сырья с помощью автогенных одношнековых экструдеров относится к чрезвычайно энергоемким процессам. Связано это, в первую очередь, с базовыми принципами термопластической экструзии. В этом процессе энергия расходуется на нагрев обрабатываемого сырья, его измельчение и перемещение в пределах рабочего объема экструдера. При этом теплота, необходимая для нагрева сырья, генерируется непосредственно в тракте машины за счет диссипации энергии электрического тока привода. Промежуточным звеном в процессе преобразования электрической энергии в тепловую является механическая энергия сил сдвига и трения обрабатываемого сырья. Такой способ преобразования энергии имеет крайне низкий КПД,

что и является основным препятствием для более широкого применения экструзионных технологий [1-4, 9].

В экструдерах, реализующих в своем рабочем процессе термовакуумный эффект, часть энергии привода, необходимой для осуществления рабочего процесса машины, позволяет заместить энергией (теплотой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе его интенсивного обезвоживания. На основе такого подхода разработано и запатентовано несколько конструкций экструдеров с одной или двумя вакуумными камерами, позволяющими с той или иной степенью эффективности обеспечить энергосберегающий рабочий процесс одношнекового экструдера [6-8].

На рисунке представлена конструктивно-технологическая схема одного из таких экструдеров.

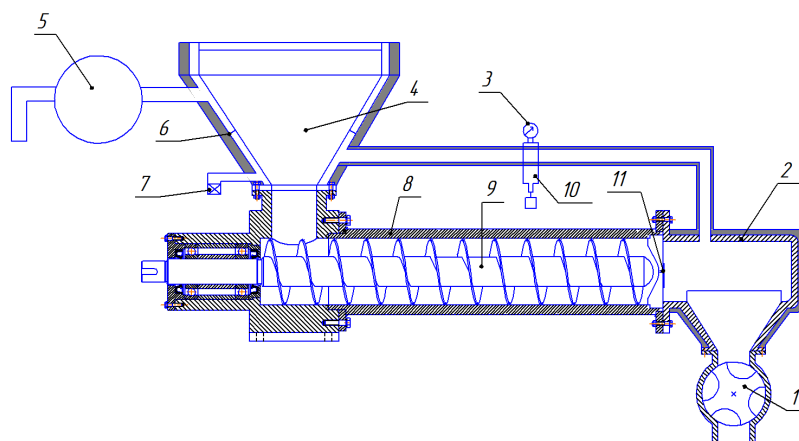


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема энергосберегающего экструдера (обозначение позиций – в тексте)

Энергосберегающий экструдер состоит из загрузочной камеры 4, корпуса 8, шнека 9, фильеры матрицы 11, вакуумной камеры 2, шлюзового затвора 1, вакуум-насоса 5, вакуум-регулятора 10 и вакуум-метра 3 [7].

Вакуумная камера 2 экструдера расположена соосно шнеку 9 и фильере матрицы 11. Принцип работы вакуумной камеры основан на постоянном удалении водяных паров, выделяющихся из экструдата при соответствующих давлении и температуре. Объем этих паров зависит от содержания влаги в сырье и готовом экструдате, а также давления воздуха (водяных паров) в вакуумной камере.

Конструкция загрузочной камеры экструдера, в межстенное пространство которой поступает горячий пар из вакуумной камеры, позволяет осуществлять предварительный подогрев обрабатываемого сырья. С этой целью верхняя часть загрузочной камеры соединена посредством трубопровода с вакуумным насосом, а нижняя – с вакуумной камерой экструдера. Для удаления конденсата из межстенного пространства загрузочной камеры в ее нижней части предусмотрена специальная пробка 7.

Необходимая устойчивость конструкции при воздействии пониженного давления, в межстенном пространстве загрузочной камеры установлены ребра жесткости 6.

С целью теоретического обоснования предложенной конструктивно-технологической схемы энергосберегающего экструдера необходимо оценить зависимость объема горячих водяных паров, выделяющихся из экструдата в процессе его охлаждения, с основными параметрами технологического процесса машины.

Цель работы – теоретическое обоснование повышения энергоэффективности модернизированного экструдера с термовакuumным рабочим процессом.

Объекты и методы исследований

Аналитические зависимости, характеризующие связь термодинамических характеристик водя-

ного пара с массой обрабатываемого сырья, находящегося в тракте экспериментального экструдера.

Результаты и их обсуждение

Количество водяного пара, которое необходимо переместить из вакуумной камеры экструдера в межстенное пространство загрузочной камеры можно определить из уравнения баланса массы экструдата, находящегося в тракте машины (до выхода из фильеры) и массы экструдата после выхода из фильеры [5]:

$$G_w = G_t - G_f = V_t \cdot \rho_t - V_f \cdot \rho_f, \quad (1)$$

где G_t и G_f – масса экструдата соответственно до выхода и после выхода из фильеры экструдера, кг;

V_t и V_f – объем экструдата соответственно до выхода и после выхода из фильеры экструдера, м³;

ρ_t и ρ_f – плотность экструдата до выхода и после выхода из фильеры экструдера, кг/м³.

С учетом того, что $G_f = \varepsilon \cdot \Delta V_t$ [5], можно записать

$$\varepsilon = \frac{V_t \cdot \rho_t - V_w \cdot \rho_w}{\Delta V_t}, \quad (2)$$

где ε – коэффициент, учитывающий влияние термовакuumного эффекта на приращение объема экструдата после выхода его из фильеры экструдера;

ΔV_t – приращение объема экструдата после выхода его из фильеры экструдера, м³.

Тогда количество водяных паров, которое необходимо переместить из вакуумной камеры экструдера в межстенное пространство загрузочной камеры, определяется следующей формулой

$$G_w = G_t - \varepsilon \cdot \Delta V_t \quad (3)$$

Количество водяных паров, определяемое по

формуле (3), можно определить, исходя и из других соображений.

Если принять водяной пар в вакуумной камере экструдера за идеальный газ, то из уравнения Менделеева-Клапейрона нетрудно получить значение объема водяных паров, которые необходимо отвести из межстенной камеры вакуумным насосом

$$P \cdot V = R \cdot T \cdot \frac{G_w}{M}, \quad (4)$$

где P – давление газа, Па;

V – объем газа, м³;

R – универсальная газовая постоянная, $R = 8,31$ Дж/(моль·К);

T – температура, К;

G_w – масса газа, кг;

M – количество молей газа (для водяного пара можно принять равной 16).

Количество водяного пара из формулы (4) можно представить в виде

$$G_w = \frac{16 \cdot P \cdot V}{R \cdot T} \quad (5)$$

Тогда объем водяных паров, которые необходимо переместить из вакуумной камеры в межстенное пространство загрузочной камеры, можно определить из следующей зависимости

$$V_w = \frac{16 \cdot P \cdot V}{R \cdot T \cdot \rho_w}, \quad (6)$$

где ρ_w – плотность водяного пара, кг/м³.

Необходимо учитывать, что в данном случае водяной пар не является идеальным газом. Поэтому приемлемые (с точки зрения точности) результаты можно получить с учетом таблиц термодинамических свойств воды и насыщенных

водяных паров, а также давления и рабочей температуры в вакуумной камере экструдера.

При установившемся режиме работы экструдера в вакуумную камеру поступает постоянный по времени поток газа (водяных паров), который перемещается в межстенное пространство загрузочной камеры и далее с помощью вакуумного насоса выводится в атмосферу.

Влияние термовакuumного эффекта экструзионного процесса на рабочие параметры вакуумного насоса можно оценить, приравняв формулы (3) и (5)

$$\frac{16 \cdot P \cdot V}{R \cdot T} = G_t - \varepsilon \cdot \Delta V_t \quad (7)$$

и определяя из полученного выражения коэффициент, учитывающий влияние термовакuumного эффекта на приращение объема экструдата после выхода его из фильеры экструдера. Данный коэффициент определяется из выражения

$$\varepsilon = \frac{V_t \cdot \rho_t - \frac{16 \cdot P \cdot V}{R \cdot T}}{\Delta V_t} = \frac{G_t \cdot R \cdot T - 16 \cdot P \cdot V}{\Delta V_t \cdot R \cdot T} \quad (8)$$

Аналитическое выражение, представленное формулой (8), позволяет выяснить роль каждого из технических и технологических параметров, влияющих на рабочий процесс энергосберегающего экструдера.

Выводы

Полученные теоретические зависимости учитывают влияние термовакuumного эффекта на количество водяного пара, которое необходимо удалить из межстенного пространства загрузочной камеры модернизированного экструдера и позволяют определить аналитическими методами основные параметры вакуумной системы машины, модернизированной согласно предложенной конструктивно-технологической схемы.

Список литературы

- [1] Инновации в экструзии / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блиохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [2] Курочкин, А.А. Системный подход к разработке экструдера для термовакuumной обработки экструдата / А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4 (01). – С. 17-22.
- [3] Курочкин, А.А. 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.
- [4] Курочкин, А.А. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера / А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4 (32). – С. 172-177.
- [5] Курочкин, А.А. Совершенствование рабочего процесса экструдера с термовакuumным эффектом / А.А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 84-89.

- [6] Пат. 189317 Российская Федерация, СПК В29С 48/00. Экструдер с вакуумной камерой /П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, В.М. Зимняков, О.Н. Кухарев; 2019105424; заявл. 26.02.2019; опубл. 22.05.2019, Бюл. №15. – 7 с.
- [7] Пат. 192684 Российская Федерация, МПК В29С. Экструдер с вакуумной камерой /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, Д.И. Фролов, А.А. Блинохватов, М.А. Потапов; 2019118768; заявл. 17.06.2019; опубл. 26.09.2019, Бюл. №27. – 7 с.
- [8] Пат. 198439 Российская Федерация, СПК А23Р 30/20. Экструдер с вакуумной камерой /П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, М.А. Потапов, Н.Н. Шматкова, Е.А. Лукьянова; 2020110297; заявл. 10.03.2020; опубл. 08.07.2020, Бюл. №19. – 7 с.
- [9] Фролов, Д. И. Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой /Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина //Инновационная техника и технология. –2015. – № 1 (02). С. 29-34.

References

- [1] Innovation in extrusion /A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, A.A. Blinkers [and etc.]. Penza: RIO PSAU, 2018. – 247 p.
- [2] Kurochkin, A.A. A system approach to the development of an extruder for thermal vacuum processing of an extrudate /A.A. Kurochkin //Innovative machinery and technology. – 2014. – No. 4 (01). – Pp. 17-22.
- [3] Kurochkin, A.A. Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of a modernized extruder / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. – 2015. – No. 3. – P. 15-20.
- [4] Kurochkin, A.A. Determination of the main parameters of the vacuum chamber of a modernized extruder /A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2015. – No. 4 (32). – Pp. 172-177.
- [5] Kurochkin, A. A. Improving the working process of an extruder with a thermal vacuum effect /A. A. Kurochkin // Proceedings of the Samara state agricultural Academy. – 2019. – No. 2. – Pp. 84-89.
- [6] Pat. 189317 Russian Federation, SEC B29C 48/00. Extruder with vacuum chamber / P. K. Garkina, A. A. Kurochkin, V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev; 2019105424; claimed 26.02.2019; published 22.05.2019, Byul. No. 15. – 7 p.
- [7] Pat. 192684 Russian Federation, IPC B29C. Extruder with a vacuum chamber / A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, D. I. Frolov, A. A. Blinokhvato, M. A. Potapov; 2019118768; claimed 17.06.2019; published 26.09.2019, Byul. no. 27. – 7 p.
- [8] Pat. 198439 Russian Federation, SEC A23R 30/20. Extruder with a vacuum chamber / P. K. Garkina, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, M. A. Potapov, N. N. Shmatkova, E. A. Lukyanova; 2020110297; application 10.03.2020; publ. 08.07.2020, Byul. no. 19. – 7 p.
- [9] Frolov, D. I. Theoretical description of the process of explosive evaporation of water in the extruder with vacuum camera/ D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, P. C. Voronina //Innovative mashinery and technology. –2015. – No. 1 (02). Pp. 29-34.

Сведения об авторах

Information about the authors

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	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
Шептак Тимур Валерьевич аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11	Sheptak Timur Valerievich postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University

Анализ влияния температуры матрицы и влажности сырья на крутящий момент двигателя экструдера

Фролов Д.И., Долгов М.В.

Аннотация. В статье рассмотрено влияние влажности сырья и температуры матрицы экструдера на крутящий момент двигателя и удельную механическую энергию. Для измерения крутящего момента использовали лабораторный экструдер ЭК-40 и комбинацию щелевой матрицы/реометра. Крутящий момент уменьшался с увеличением влажности и температуры матрицы. Установлено, что температура матрицы является наиболее значимым параметром, влияющим на крутящий момент и удельную механическую энергию.

Ключевые слова: экструзия, удельная механическая энергия, крутящий момент, температура, влагосодержание.

Для цитирования: Фролов Д.И., Долгов М.В. Анализ влияния температуры матрицы и влажности сырья на крутящий момент двигателя экструдера // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 40–45.

Analysis of the influence of the temperature of the matrix and moisture content of the raw material on the torque of the extruder motor

Frolov D.I., Dolgov M.V.

Abstract. The article discusses the influence of the moisture content of raw materials and the temperature of the extruder die on the engine torque and specific mechanical energy. An EK-40 laboratory extruder and a slot die / rheometer combination were used to measure the torque. The torque decreased with increasing humidity and temperature of the die. It was found that the temperature of the matrix is the most significant parameter affecting the torque and specific mechanical energy.

Keywords: extrusion, specific mechanical energy, torque, temperature, moisture content.

For citation: Frolov D.I., Dolgov M.V. Analysis of the influence of the temperature of the matrix and moisture content of the raw material on the torque of the extruder motor. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.4 (25). pp. 40–45. (In Russ.).

Введение

Пищевые материалы часто неоднородны и содержат различные ингредиенты. Их свойства зависят от источника сырья, предварительной обработки, вида обработки и трудно поддаются физическому и химическому описанию [1]. Во время экструзии молекулы крахмала подвергаются различным биохимическим реакциям, таким как желатинизация и молекулярная деградация вследствие термической и механической обработки [3]. Степень физико-химических изменений может зависеть от типа крахмала, уровня влажности в сырье, наличия других компонентов, характеристик машины, времени пребывания в экструдере и конфигурации шнека [4]. Реологическое поведение системы с

высокой влажностью не должно быть таким же, как у экструзионных систем с низкой или промежуточной влажностью. Распределение сдвига, перемешивания, механического тепла и конвективного тепла может отличаться в системах с высокой влажностью по сравнению с системами с низкой или промежуточной влажностью [5, 6, 7, 8].

Матрица является основным компонентом экструдера. Понимание свойств материала и характера потока в матрице экструдера имеет первостепенное значение для контроля производительности экструдера и качества экструдата. Конфигурация матрицы играет определенную роль в управлении текстурой конечного продукта [10]. Другая функция матрицы состоит в том, чтобы стабилизировать поток, выходящий из цилиндра экструдера, и, следовательно,

сформировать из него желаемый продукт. В последнее время разрабатывается и имеет большие перспективы термовакуумная экструзия [11-13].

Матрицы экструдера могут быть оснащены щелевыми или капиллярными реометрами для непрерывного измерения реологических свойств пищевого расплава в режиме реального времени и предоставления ценной информации для дальнейших реологических расчетов, получения кривых течения. Оценка скорости сдвига, напряжения сдвига и вязкости расплава может быть выполнена путем оперативного определения свойств текучести в экструдере и матрице. После определения перепада давления вдоль матрицы возможна оценка характеристик течения пищевого расплава. Важно следить за вязкостью пищевого расплава, так как она оказывает непосредственное влияние на качество конечного продукта. Моделирование течения в экструдере с использованием реометра дало бы ошибочные результаты. Анализ экструдата, выходящего из матрицы, не будет хорошим представлением расплава в барабане экструдера, поскольку материал претерпевает внезапные изменения, как только он покидает матрицу, такие как набухание и испарение влаги в результате изменения давления.

Крутящий момент двигателя, обеспечиваяет прямую зависимость от энергии, поглощаемой материалом из-за сдвига, оказываемого шнеком экструдера и отверстием матрицы. Колебания крутящего момента, а следовательно, и энергии, указывают на неустойчивую подачу, всплеск и закупорку. Крутящий момент двигателя является очень чувствительным индикатором во время работы экструдера.

Целью работы являлась исследование влияния температуры матрицы и влажности сырья на крутящий момент двигателя экструдера.

Объекты и методы исследований

Для проведения исследований был использован рисовый крахмал (6% влаги). Крахмал смешивали с водой в лабораторном смесителе для достижения влажности 55%, 60% и 65% (г воды/г раствора). Смешанную суспензию в резервуаре непрерывно перемешивали, чтобы поддерживать равномерную концентрацию. Экструзионные испытания проводились с использованием реометра и одношнекового экструдера ЭК-40. Размеры щели составляли 1,47 мм в высоту и 20 мм в ширину. Исследовались температуры 80, 85, 90, 100°C. Температура продукта вместе с отклонением от заданной температуры измерялась четырьмя термодатчиками вдоль корпуса экструдера.

Экструдер работал при каждом содержании влаги, температуре матрицы, скорости шнека и массовом расходе до тех пор, пока не было достигнуто установившееся состояние (постоянный крутящий момент двигателя). Регистрировались параметры отклика экструдера и крутящий момент двигателя.

Были использованы три различных скорости вращения винта шнека (170, 220 и 270 об / мин). Массовый расход варьировался от 3 до 7 кг/ч.

Результаты и их обсуждение

Регрессионный анализ для крутящего момента двигателя и удельная механическая энергия (УМЭ). Пошаговый регрессионный анализ с элементами взаимодействия и без них показал, что взаимодействия не улучшили модель R² крутящего момента. Условия взаимодействия внесли вклад в улучшение R² удельной механической энергии только на 4,5%, поэтому они были исключены из регрессионного анализа. Пошаговый регрессионный анализ показал, что на крутящий момент и удельную механическую энергию наиболее существенно влияет температура матрицы. Вклад температуры матрицы в крутящий момент модели R² составлял 86,75% и 81,18% для удельной механической энергии. Общие R² для крутящего момента и удельной механической энергии были 0,83 и 0,85 соответственно. Таблицы 1 и 2 показывают вклад основных переменных в изменение крутящего момента и значений удельной механической энергии R². Содержание влаги влияло на крутящий момент и удельную механическую энергию в заданном порядке.

Крутящий момент, необходимый для поворота шнека экструдера, зависит от скорости шнека, степени заполнения цилиндра и вязкости пищевого расплава в канале шнека и на головке. Измеренный крутящий момент представляет собой общий крутящий момент, который состоит из двух компонентов: крутящего момента, необходимого для проталкивания сырья и крутящего момента, необходимого для поворота винтов, то есть крутящего момента без нагрузки. При эксплуатации экструдера с водой при рабочих температурах и

Таблица 1 – Регрессионный анализ крутящего момента двигателя

Переменная	Коэффициент частичной детерминации R ²	Вклад в коэффициент детерминации (%)
Температура матрицы	0,72	86,75
Содержание влаги	0,11	13,25

Таблица 2 – Регрессионный анализ удельной механической энергии

Переменная	Коэффициент частичной детерминации R ²	Вклад в коэффициент детерминации (%)
Температура матрицы	0,69	81,18
Содержание влаги	0,16	18,82

скоростях шнека измеряли крутящий момент без нагрузки. Обычно крутящий момент без нагрузки составлял от 11% до 72% от общего крутящего момента, в зависимости от условий эксплуатации. Чтобы измерить работу экструдера и удельную механическую энергию, необходимо определить крутящий момент системы при проталкивании сырья. Значения крутящего момента двигателя, указанные в этом исследовании, были общим крутящим моментом.

Удельная механическая энергия (УМЭ) может быть определена как энергия, передаваемая

моторным приводом материалу в экструдере на единицу массы [2]:

$$\text{УМЭ} = \frac{M_p \cdot n}{Q_m} \quad (1)$$

где УМЭ - удельная механическая энергия (Дж/кг), M_p - крутящий момент при проталкивании сырья (Н·м), n - скорость вращения шнека (об/мин), а Q_m - массовый расход (кг/ч).

Любая переменная, влияющая на вязкость, соответственно повлияет на крутящий момент и удельную механическую энергию. Повышение

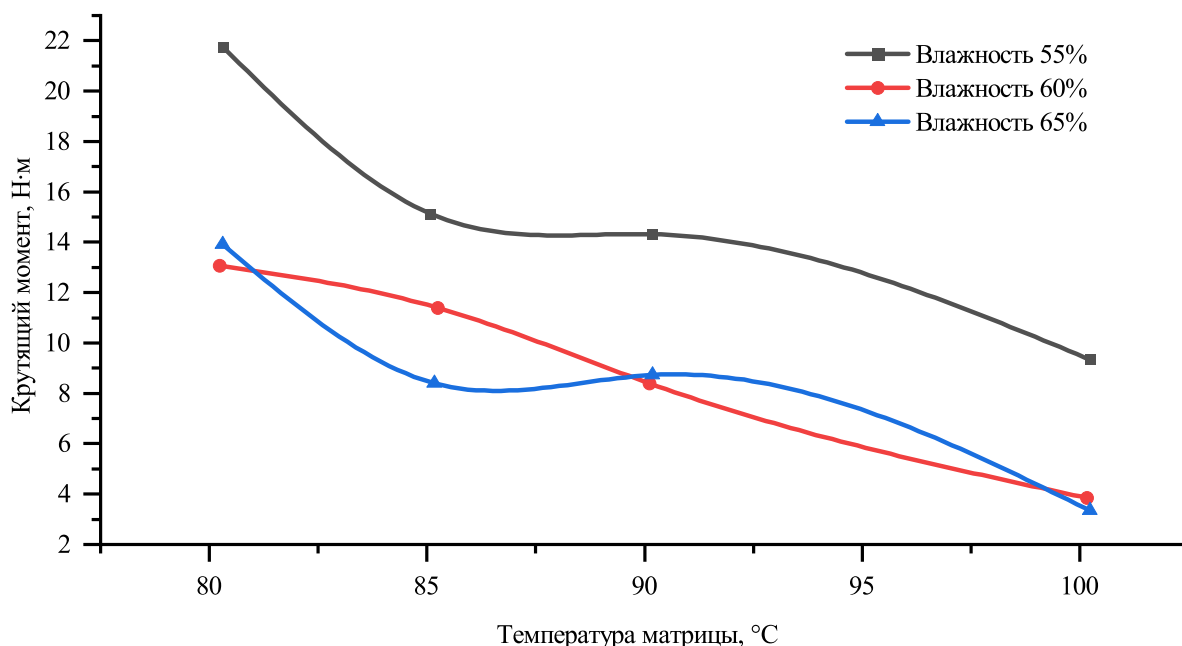


Рис. 1. Влияние температуры матрицы и содержания влаги на крутящий момент двигателя (270 об/мин, скорость шнека; 6 кг/ч, массовый расход)

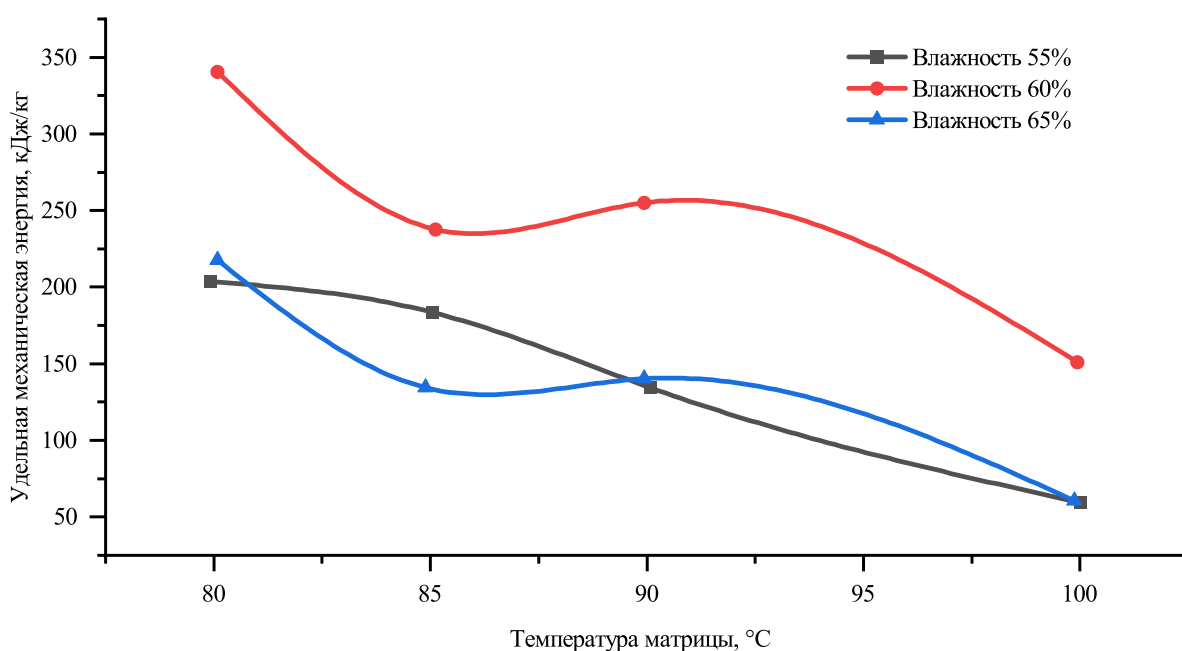


Рис. 2. Влияние температуры матрицы и содержания влаги на удельную механическую энергию (270 об/мин, скорость шнека; 6 кг/ч, массовый расход)

температуры матрицы вызывает снижение вязкости расплава. Следовательно, повышение температуры при постоянном содержании влаги, скорости вращения шнека и массовом расходе привело к уменьшению крутящего момента и удельной механической энергии (рис. 1 и 2).

Крутящий момент двигателя уменьшался по мере увеличения влажности. При более высоком содержании влаги из-за более низкой вязкости расплава крутящий момент уменьшался. При содержании влаги 55%, 60% и 65% общий крутящий момент составил 16, 11 и 10 Н·м соответственно при температуре 90 °С, 270 об / мин и массовом расходе 6 кг/ч. Как видно из рисунка 1, крутящий момент двигателя при 60% и 65% влажности почти перекрывался. Одной из причин этого может быть то, что чувствительность реометра крутящего момента была невысокой при более низком содержании влаги, что соответствует более низкой вязкости. Диапазон регистрации крутящего момента составлял 0-200 Н·м. Другая причина может быть связана с запуском экструдера. Как упоминалось ранее, крутящий момент двигателя варьировался в зависимости от запуска экструдера. Хотя аналогичная процедура запуска выполнялась каждый раз, не было никакого контроля над относительной влажностью и колебаниями температуры на экспериментальной установке, где проводились эксперименты. Следовательно, изменения крутящего момента, а значит, и в удельной механической энергии, в определенной степени были неизбежны.

Увеличение содержания влаги в сырье и, следовательно, снижение вязкости привело к более низкой удельной механической энергии. При температуре матрицы 90 °С, скорости вращения шнека 270 об / мин и массовом расходе 6 кг/ч удельная механическая энергия составляла 261, 140 и 145 кДж/кг (рис. 2). Приведенный выше аргумент о перекрывающихся значениях крутящего момента при содержании влаги 60% и 65% также действителен для удельной механической энергии, поскольку он был рассчитан непосредственно из значений крутящего момента с использованием уравнения 1.

Высокое содержание влаги в сырье (65%) в сочетании с высокой температурой (100 °С) вызывало значительно более медленную скорость изменения крутящего момента, поскольку массовый расход изменялся от 3 до 7 кг/ч. Это можно объяснить более медленными изменениями вязкости расплава в этих рабочих условиях из-за термомеханических эффектов и эффектов разбавления. Изменение крутящего момента и удельной механической энергии более значимо при более высокой вязкости расплава, что соответствует относительно низким температурам (80 и 90 °С) и содержанию влаги (55 и 60%) в экспериментальном диапазоне. Кроме того, чувствительность реометра при измерении крутящего момента может быть

ниже из-за низкой вязкости при влажности 65% и температуре 100 °С.

В этом исследовании повышение температуры привело к снижению вязкости расплава в канале шнека и снижению крутящего момента и удельной механической энергии. Этот результат согласуется с выводами других исследователей, например при исследовании экструзии кукурузной муки при более низком содержании влаги (от 14% до 26%). Также подобные результаты были получены при экструзии пшеничной муки с низким содержанием влаги (сообщалось о снижении удельной механической энергии при повышении температуры с увеличением температуры ствола шнека с 80 до 190 °С). Повышение температуры при более низких соотношениях длины шнека к диаметру (например, 16) во время экструзии рисовой муки при 25%-ном конечном содержании влаги в смеси вызвало увеличение удельной механической энергии и почти не зарегистрировано никаких изменений при более высоких отношениях длины шнека к диаметру (более 20).

Более низкая удельная механическая энергия обычно приводит к более низкому молекулярному распаду крахмала. В данном исследовании произошла полная клейстеризация крахмала. При избытке воды 14 молекул воды реагируют с одной глюкозной единицей крахмала с образованием желатинизированного крахмала. Возможно, что более высокое содержание влаги в сырье, а также сдвиг, перемешивание и повышенные температуры вызвали полную клейстеризацию крахмала. Термомеханическое воздействие также может способствовать потере кристаллической структуры молекул крахмала во время экструзии.

Выводы

В проведенном исследовании было показано, что на крутящий момент двигателя и удельную механическую энергию существенно влияют условия работы экструдера. Регрессионный анализ показал, что температура матрицы составляет более половины вклада в модель R2 крутящего момента и удельной механической энергии. Содержание влаги в сырье влияло на крутящий момент и характеристики удельной механической энергии. Крутящий момент двигателя уменьшался с увеличением влажности и температуры. Повышение влажности и температуры матрицы также привело к снижению удельной механической энергии. Скорость изменения крутящего момента и удельной механической энергии была значительно ниже при содержании влаги 65% и температуре матрицы 100 °С из-за более низкой скорости изменения вязкости расплава. Изучение взаимосвязи между вязкостью и удельной механической энергии может привести к лучшему пониманию экструзии с высоким содержанием влаги.

Список литературы

- [1] Liang, Y., Hosahalli, S. R. & Joyce, B. (2012). Twin-screw extrusion of corn flour and sotprotein isolate (SPI) blends: a response surface analysis. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 485-497.
- [2] 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.
- [3] Maung, T.-T., Gu, B.-Y., & Ryu, G.-H. (2020). Influence of extrusion process parameters on specific mechanical energy and physical properties of high-moisture meat analog. *International Journal of Food Engineering*, 0, 20200042. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0042>
- [4] Robin, F., Bovet, N., Pineau, N., Schuchmann, H. P., & Palzer, S. (2011). Online shear viscosity measurement of starchy melts enriched in wheat bran. *Journal of Food Science*, 76(5), E405-412. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02193.x>
- [5] Потапов М.А., Фролов Д.И., Курочкин А.А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. Т. 5. № 4. С. 42–48.
- [6] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // *Нива Поволжья*. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Технологические аспекты регулирования выхода экстракта при получении пивного суслу / П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2020. Т. 8. № 2. С. 13–20.
- [13] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // *Техника и технология пищевых производств*. 2016. № 3 (42). С. 104–111.

References

- [1] Liang, Y., Hosahalli, S. R. & Joyce, B. (2012). Twin-screw extrusion of corn flour and sotprotein isolate (SPI) blends: a response surface analysis. *Food and Bioprocess Technology*, 5 (2), 485-497.
- [2] 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.
- [3] Maung, T.-T., Gu, B.-Y., & Ryu, G.-H. (2020). Influence of extrusion process parameters on specific mechanical energy and physical properties of high-moisture meat analog. *International Journal of Food Engineering*, 0, 20200042. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0042>
- [4] Robin, F., Bovet, N., Pineau, N., Schuchmann, H. P., & Palzer, S. (2011). Online shear viscosity measurement of starchy melts enriched in wheat bran. *Journal of Food Science*, 76 (5), E405-412. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02193.x>
- [5] Potapov M.A., Frolov D.I., Kurochkin A.A. Optimization of the number of holes in the die of a single-screw extruder for processing poultry manure // *Bulletin of the Samara State Agricultural Academy*. 2020. T. 5. No. 4. pp. 42–48.
- [6] Increasing the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of the modernized extruder / D.I. Frolov [and others] // *Niva of the Volga region*. 2019. No. 2 (51). pp. 134-143.
- [7] Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of the modernized extruder / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // *News of the Samara State Agricultural Academy*. 2015. No. 3. pp. 15–20.

- [8] 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.
- [9] Kurochkin A.A., Frolov D.I., Voronina P.K. Determination of the main parameters of the vacuum chamber of the modernized extruder // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. No. 4 (32). pp. 172-177.
- [10] Modeling the process of extrudates production based on a new technological solution / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // Niva of the Volga region. 2014. No. 30, pp. 70–76.
- [11] 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 region. 2017. No. 4 (45). pp. 157-163.
- [12] Technological aspects of regulating the yield of the extract when obtaining beer wort / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2020. Vol. 8. No. 2. pp. 13–20.
- [13] Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and food fibers / A.A. Kurochkin, P.K. Voronin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Technics and technology of food production. 2016. No. 3 (42). pp. 104-111.

Сведения об авторах

Information about the authors

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	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
Долгов Максим Викторович студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11	Dolgov Maxim Viktorovich student of the department «Food productions» Penza State Technological University

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 338.516

Производство подсолнечного масла в России

Зимняков В.М., Кухарев О.Н., Зимняков А.М.

Аннотация. В данной статье отражена актуальность использования растительных масел в питании человека. Обоснованы значение и польза подсолнечного масла для человека. Дан анализ посевных площадей, урожайности и валового сбора масличных культур в России. Рассмотрено потребление растительного масла на душу населения. В работе проанализированы и выявлены тенденции увеличения и роста производства растительных масел в России. Представлена структура производства растительных масел в 2018 году и структура производства растительных масел в России по федеральным округам. При рассмотрении структуры производства растительных масел выделен наиболее распространенный вид – подсолнечное. Проанализирован российский экспорт и импорт растительных масел. Дан прогноз увеличения производства подсолнечного масла в России на ближайшую перспективу.

Ключевые слова: масличные культуры, подсолнечник, растительное масло, значение, польза, производство, анализ, экспорт, импорт.

Для цитирования: Зимняков В.М., Кухарев О.Н., Зимняков А.М. Производство подсолнечного масла в России // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 46–52.

Sunflower oil production in Russia

Zimnyakov V.M., Kukharev O.N., Zimnyakov A.M.

Abstract. This article reflects the relevance of the use of vegetable oils in human nutrition. The significance and benefits of sunflower oil for humans have been substantiated. The analysis of sown areas, productivity and gross harvest of oilseeds in Russia is given. Consumption of vegetable oil per capita is considered. The paper analyzes and identifies trends in the increase and growth of production of vegetable oils in Russia. The structure of vegetable oils production in 2018 and the structure of vegetable oils production in Russia by federal districts are presented. When considering the structure of the production of vegetable oils, the most widespread type is highlighted - sunflower. Analyzed the Russian export and import of vegetable oils. A forecast of an increase in the production of sunflower oil in Russia in the near future is given.

Keywords: oilseeds, sunflower, vegetable oil, value, benefit, production, analysis, export, import.

For citation: Zimnyakov V.M., Kukharev O.N., Zimnyakov A.M. Sunflower oil production in Russia. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.4 (25). pp. 46–52. (In Russ.).

Введение

Трудно переоценить значение в народном хозяйстве масел растительного происхождения. Они являются основой рационального питания челове-

ка. Технические растительные масла применяются во многих областях народного хозяйства.

Масла и жиры растительного происхождения необходимы человеку как пластический и энергетический материал и являются незаменимыми эле-

Таблица 1– Посевные площади, урожайность и валовый сбор масличных культур в России

Культура	Посевная площадь, тыс. га		Изменения, % к уровню 2018 г.	Урожайность, ц/га		Изменения, % к уровню 2018 г.	Валовый сбор, тыс. га		Изменения, % к уровню 2018 г.
	2018	2019		2018	2019		2018	2019	
Подсолнечник	8160	88578	5,1	116	118,3	14,4	12756	15097	18,4
Соя	22949	33083	4,5	114,7	115,7	6,8	4027	4344	7,9
Рапс	11576	11546	-2	113,3	114,5	9	1989	2060	3,6

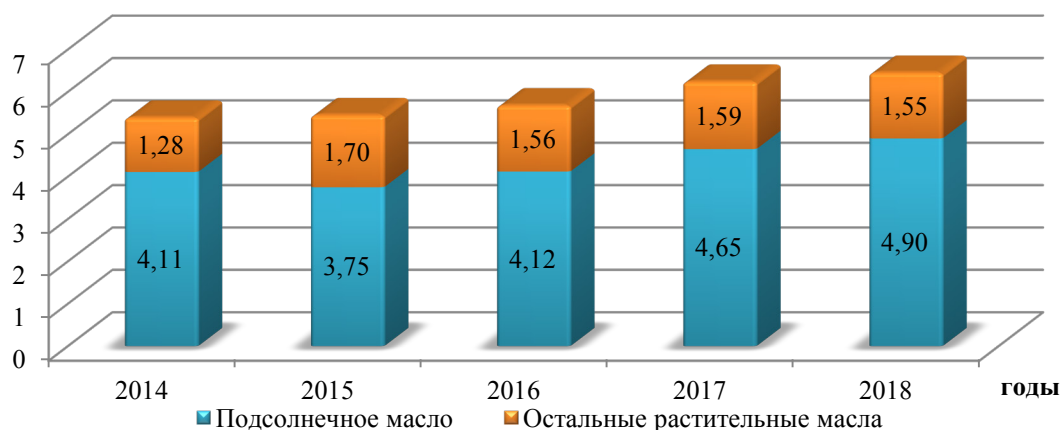


Рис.1. Производство растительных масел в России в 2014-2018 гг.

ментами его питания. Они поставляют в организм человека необходимые для него вещества, такие как фосфолипиды, непредельные жирные кислоты, жирорастворимые витамины и др. Масла и жиры определяют биологическую эффективность организма.

В льняном, подсолнечном, оливковом, соевом, рапсовом, кукурузном, горчичном, кунжутном, тыквенном, кедровом маслах присутствуют полиненасыщенные жирные кислоты (омега 3, омега 6). Особую ценность представляет собой подсолнечное масло, оно предупреждает развитие атеросклероза, укрепляет сосуды, стимулирует мозговую деятельность, нормализует работу пищеварительной системы, укрепляет кости и используется в лечении суставов [1, 11].

Наиболее важные источники жиров в питании – растительные масла (в рафинированных маслах 99,7-99,8% жира).

Рафинированное подсолнечное масло, в отличие от сливочного, не содержит холестерин и его могут употреблять люди с повышенным холестерином. В нем не сохраняются витамины, зато есть жирные кислоты (Омега-3, Омега-6), которые являются основой нормального функционирования организма человека. Их соотношение наиболее оптимальное в высокоолеиновых сортах.

Самое полезное подсолнечное масло изготавливается методом холодного прессования. Оно длительное время сохраняет все полезные свойства и содержит значительную долю витамина Е, который придает ему антиоксидантные свойства.

Подсолнечник, соя и рапс – самые широко распространенные масляничные культуры, выращива-

емые в России, на них приходится 95% валового сбора маслосемян, более 80% из них – на подсолнечник [1, 6].

Подсолнечное масло – традиционный для отечественного рынка продукт. Особую популярность потребления растительного масла в настоящее время придает тенденция отказа от жиров животного происхождения, снижение уровня холестерина и пропаганда здорового образа жизни [10].

Целью работы является изучение современного состояния производства подсолнечного масла в России.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являются предприятия по производству подсолнечного масла. Инструментарно-методический аппарат исследования определяется совокупностью использованных методов общенаучных и экономических исследований. В процессе обработки исходной информации и других привлеченных аналитических материалов применялись анализ и синтез, логический, корреляционный и статистический анализ.

Результаты и их обсуждение

Производство трехглавных видов растительного масла (соевое, рапсовое, подсолнечное) в России по итогам 2019 года составило около 6,3 млн. тонн, что на 9,4% больше показателя 2018 года. В связи с расширением посевных площадей и в результате применения улучшенных селекционных сортов в России в 2019 год собран самый высокий урожай

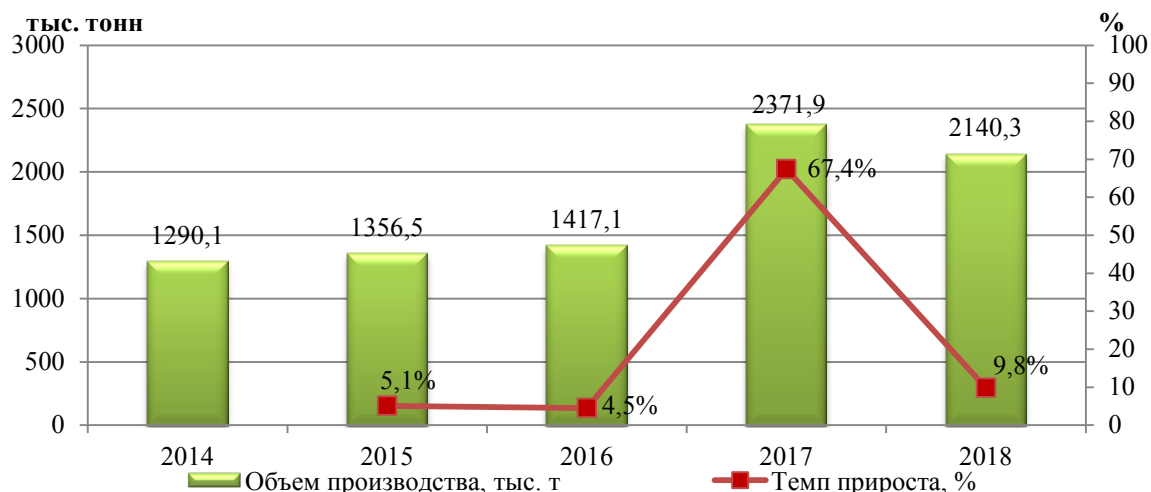


Рис.2 Динамика производства рафинированного подсолнечного масла в России в 2014-2018 гг.

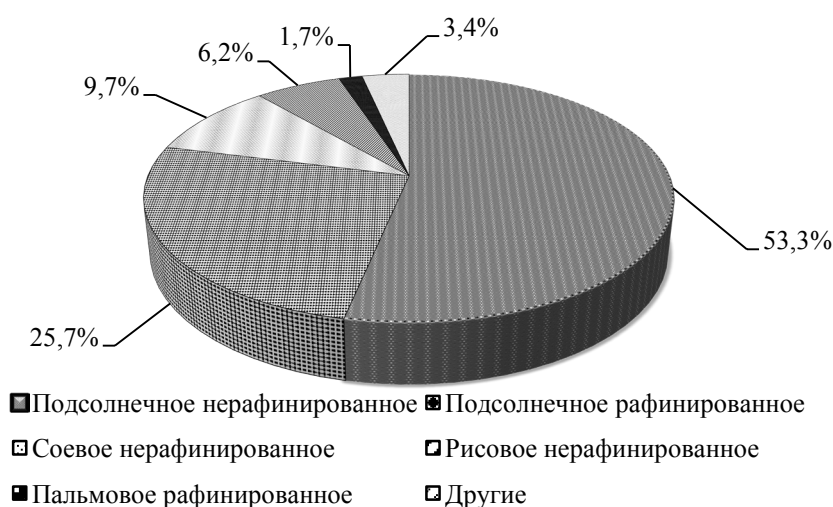


Рис.3 Структура производства растительных масел в России по видам в 2018 году, %.

основных масляничных культур – 21,5 млн. тонн (+14,5% к уровню 2018-го). Согласно данным Росстата, в 2019 году валовой сбор подсолнечника составил почти 15,1 млн. тонн (+2,34 млн. тонн к уровню 2018-го) при урожайности 18,3 ц/га (+2,3 ц/га). Урожай сои составил более 4,34 млн. тонн (+0,32 млн. т) при урожайности 15,7 ц/га (+1,0 ц/га), рапса – 2,06 млн. га (+0,07 млн. тонн) при урожайности 14,5 ц/га (+1,2 ц/га) (Табл. 1).

В 2019 году рекордные площади под подсолнечником в совокупности с резким ростом урожайности позволили собрать 15,1 млн. тонн (при урожайности 18,3 ц/га), что на 18% больше, чем годом ранее. Эти показатели приближают её к лидеру мирового производства подсолнечника – Украине (15,5-15,7 млн. тонн).

Основные объемы выращивания подсолнечника в России производятся в Южном, Центральном и Приволжском федеральных округах [7].

Производство растительных масел в России за последние пять лет постоянно увеличивается, увеличение производства всех видов выросло с 5,39 млн. тонн в 2014 году до с 6,45 млн. тонн в 2018 году. Тенденция повышения производства также характерна и для подсолнечного масла, в 2014 году

его производство составило 4,11 млн. тонн, а в 2018 году – 4,9 млн. тонн (увеличилось на 19,2%) [4] (рис.1).

Из анализа производства растительных масел в России видно, что самые большие объемы приходятся на подсолнечное масло.

Подсолнечное масло в России производится двух видов: нерафинированное и рафинированное. За последние пять лет в производстве рафинированного масла нет четкой тенденции роста его объемов по годам. В 2014 году произвели 1290,1 тыс. тонн, в 2015 – 1356,5 тыс. тонн, в 2016 – 1417,1 тыс. тонн, в 2017 – 2371,9 тыс. тонн, а в 2018 – 2140,3 тыс. тонн (рис. 2).

Анализируя структуру производства растительных масел по видам в 2018 году следует отметить, что производство нерафинированного подсолнечного масла составляет 53,3%, рафинированного подсолнечного масла – 25,7%, производство соевого нерафинированного масла составляет 9,7%, производство соевого рафинированного масла – 6,2%, пальмового рафинированного масла – 1,72% и другие виды – 3,4% (рис.3).

По данным Росстата потребление растительных масел в Российской Федерации в период 2014-

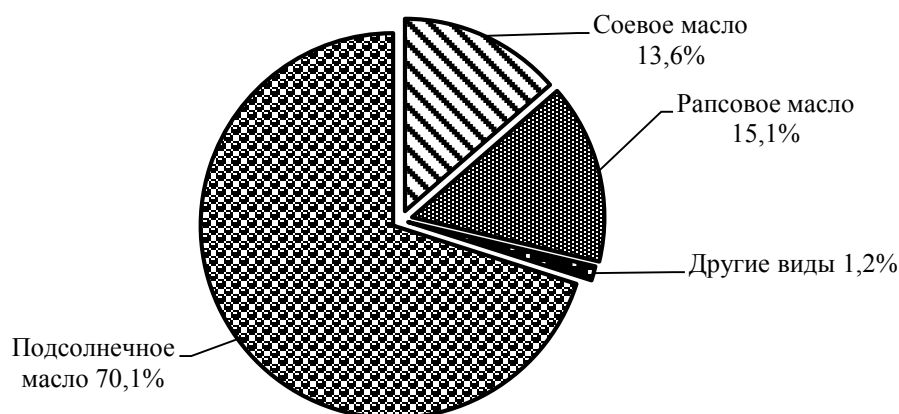


Рис.4 Структура продаж растительных масел по видам в 2018 году.

Таблица 2 – Крупнейшие российские производители растительного масла в 2017-2018 гг.

Место	Название компании	Основные регионы производства	Какое масло производят	Объем производства (тыс. тонн)
1	Группа компаний «ЭФКО»	Воронежская область	Подсолнечное, соевое, кукурузное, рапсовое	453
2	Холдинг «Солнечные продукты»	Саратовская область, Краснодарский край	Подсолнечное, рапсовое	408
3	ГК «Юг Руси»	Ростовская область, Краснодарский край, Волгоградская область	Подсолнечное, подсолнечно-оливковое, кукурузное, рапсовое, рыжиковое	403
4	ОАО «АСТОН»	Ростовская область	Подсолнечное, кукурузное, подсолнечно-оливковое	283
5	ГК «Содружество»	Калининградская область	Соевое, рапсовое	270
6	ГК «РусАгро»	Тамбовская область, Приморский край	Подсолнечное	269
7	ГК «Нижегородский масложировой комбинат»	Нижегородская область	Подсолнечное	250
8	АО «НЭФИС-БИОПРОДУКТ»	Республика Татарстан	Подсолнечное	229
9	ГК «Благо»	Краснодарский край, Воронежская область	Подсолнечное, кукурузное, подсолнечно-оливковое	218
10	ГК «Сигма»	Республика Башкортостан, Челябинская область	Подсолнечное, кукурузное, подсолнечно-оливковое	216
11	«Каргилл»	Волгоградская область, Тульская область	Подсолнечное, кукурузное, соевое, оливковое	181
12	ООО «БУНГЕ СНГ»	Воронежская область	Подсолнечное	153
13	Кубанская производственная компания	Краснодарский край, Республика Адыгея	Подсолнечное	96
14	АО «Орелмасло»	Орловская область	Подсолнечное, рапсовое	91
15	ЗАО «ДонМасло-Продукт»	Ростовская область	Подсолнечное	78

2018 годов оставалось стабильным и находилось на достаточно высоком уровне, превышающем рекомендованную Минздравом России норму в 12 кг/чел. в год более чем на 13-15%. При этом, на уровень среднедушевого потребления растительных масел оказывает влияние ряд факторов социально-экономической динамики. Одним из них является изменение уровня цен, увеличение которых

сокращает объемы потребления. Динамика потребления растительных масел может объясняться также изменением возрастной структуры населения. Для старших возрастных групп характерна более высокая частотность заболеваний сердца и системы кровообращения, что ведет к снижению спроса на растительное масло для приготовления пищи со стороны данной группы населения. Таким образом,

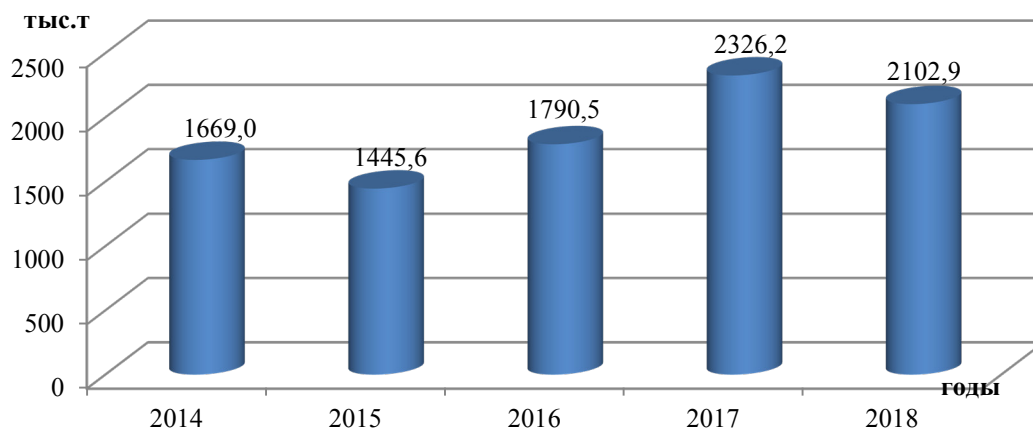


Рис. 5. Объемы экспорта растительных масел из России в 2018-2019 году, %.

рост демографической нагрузки ведет к снижению среднелового потребления растительных масел. Еще одним фактором спроса на продукцию масложировой промышленности является степень урбанизации. Население сельских территорий, особенно в регионах с низким уровнем доходов, предъявляет дополнительный спрос на растительные масла, что связано с их использованием для консервирования и домашних заготовок [3, 8].

Анализируя структуру продаж растительных масел по видам в 2018 году можно отметить, что основную долю реализации занимает подсолнечное масло (70,1 %) (рис. 4).

По объемам производства составлен рейтинг крупнейших производителей пищевого растительного масла России (Табл. 2). На первом месте находится Группа компаний «ЭФКО» с объемом производства 453 тыс. тонн, вторую строчку занимает холдинг «Солнечные продукты» – 408 тыс. тонн и третье место принадлежит ГК «Юг Руси» с объемом производства 403 тыс. тонн.

В сезон 2019/2020 гг. российские масложиротракционные заводы загружены на 85-90%. Большие запасы сырья позволяли заводам работать с максимальной загрузкой.

На ближайшую перспективу уровень загрузки масложиротракционных заводов будет уменьшаться в связи с увеличением общей мощности переработки. По данным ИКАР планируется строительство семи новых МЭЗов только в ЦФО. Совокупная мощность проектов составляет 3-4 млн. тонн. В них вложат инвестиции компании «Содружество», «Черкизово», «Мираторг» и другие. С их вводом перерабатывающие мощности увеличатся на 2,8-3 млн. тонн в год.

По прогнозу Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР), выработка подсолнечного масла по итогам сезона 2019/20 достигла 5,83 млн. тонн. В 2018/19 сельскохозяйственном году объем производства составил 4,9 млн. тонн.

Положительное влияние на развитие отрасли производства растительных масел оказывает экспорт, в котором значительная доля приходится на подсолнечное масло [2]. В 2019 году экспорт подсолнечного масла из России находился на максималь-

ных (с 2001 года) отметках и составил 3 090,5 тыс. тонн, отрасль активно экспортировала свою продукцию. Основная доля экспорта приходится на три вида масла: соевое, рапсовое и подсолнечное. Доля подсолнечного масла в экспорте растительных масел составляет 70,1%.

Анализируя экспорт подсолнечного масла из России в 2014-2018 годах можно отметить тенденцию повышения его поставок за рубеж. Экспорт подсолнечного масла в 2014 составил 1669 тыс. тонн, а в 2018 году – 2102,9 тыс. тонн (рис. 5).

Проблема развития рынка масложировой продукции связана с уровнем экспорта, что зачастую граничит с рядом технологических ограничений, например, с нехваткой перевалочно-логистических мощностей и ужесточением административного контроля; с усилением требований к качеству продукции со стороны стран импортеров и территориальных органов надзора, а также с увеличением вывозных пошлин [5, 9].

Выводы

1. Производство растительных масел в России за последние пять лет постоянно увеличивается, тенденция повышения производства характерна и для подсолнечного масла, в 2014 году его производство составило 4,11 млн. тонн, а в 2018 году – 4,9 млн. тонн (увеличение составило 19,2%).

2. Потребление растительных масел в России в 2014-2018 гг. увеличилось с 13,0 (в 2014 г.) до 13,9 кг/ чел/год (в 2017 и 2018 годах), т.е. почти в 1,2 раза выше рекомендуемой нормы.

3. Российский рынок подсолнечного масла близок к насыщению, основная потребность закрывается отечественными производителями. Производство подсолнечного масла является динамически развивающимся сегментом продовольственного рынка, который отличается импортозависимостью и экспортоориентированностью.

4. Экспорт подсолнечного масла из России в 2014-2018 годах имеет четкую тенденцию повышения. Экспорт подсолнечного масла в 2014 составил 1669 тыс. тонн, а в 2018 году – 2103 тыс. тонн.

Список литературы

- [1] Беликина, А.В. Конкуренция растительных масел и продуктов-субститутов на продовольственных рынках / А.В. Беликина // Научно-агрономический журнал. 2019. № 2 (105). С. 48-49.
- [2] Бородин, К.Г. Развитие российского экспорта подсолнечного масла / К.Г. Бородин, Е.Ю. Фролова // Российский внешнеэкономический вестник 2019. №6- С. 48-64.
- [3] Евдокимова, Н.Е. Статистический анализ потребления растительного масла в Центральном федеральном округе / Н.Е. Евдокимова, Н.Ю. Тухина // Вестник Московского гуманитарно-экономического института. 2018. № 4. С. 20-26.
- [4] Клещевский, Ю.Н. Состояние и перспективы развития рынка растительных масел в России / Ю.Н. Клещевский, О.А. Рязанова, М.А. Николаева // Экономика и предпринимательство. 2018. № 3 (92). С. 196-202.
- [5] Кручинина, В.М. Современные тенденции развития рынка масложировой продукции / В.М. Кручинина, С.М. Рыжкова, Х.Н. Гасанова // Экономика сельского хозяйства России. 2016. №12. С. 65-71.
- [6] Лисицын, А.Н. Современные направления развития масложировой отрасли России / А.Н. Лисицын, В.Н. Григорьева, Н.В. Кузнецова // Вестник Всероссийского НИИ жиров. - 2018. № 2. - С. 7-12.
- [7] Минаева Е.В. Перспективные возможности роста объемов производства растительного масла в России с целью импортозамещения / Е.В. Минаева, А.О. Ченцова // В сборнике: Парадигма повышения экономической и продовольственной безопасности России на основе реализации эффективных механизмов взаимодействия с мировым сообществом сборник научных трудов по материалам второй Международной научно-практической конференции. Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского. 2016. С. 86-93.
- [8] Митякова, Е.Е. Прогноз среднелетового потребления растительных масел в Российской Федерации с учетом сценарных условий социально - экономического развития / Е.Е. Митякова, А.А. Арутюнян // Управление рисками в АПК. 2019. № 2 (30). С. 121-140.
- [9] Николаева, М.А. Роль внешней торговли в развитии рынка масложировых продуктов в России / М.А. Николаева, О.А. Рязанова // Российский внешнеэкономический вестник. 2018. № 5. С. 66-84.
- [10] Осипов, А. Маркетинг продукции масложирового подкомплекса в условиях интеграционных процессов / Осипов А., Пролыгина Н., Силко Е. // Экономика сельского хозяйства России. - 2016. - № 9. - С. 67.
- [11] Переверзев, Д.Г. Концепция формирования стратегии развития рынка продукции масложирового подкомплекса АПК / Д.Г. Переверзев, К.С. Терновых // В сборнике: Политэкономические проблемы развития современных агроэкономических систем Материалы 2-й международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию Воронежского ГАУ. Под общей редакцией Е.Б. Фалькович, Е.А. Мамистовой. 2017. С. 157-162.

References

- [1] Belikina A.V. Konkurenciya rastitel'nyh masel i produktov-substitutov na prodovol'stvennyh rynkakh [Competition of vegetable oils and substitute products in food markets]. Nauchno-agronomicheskij zhurnal, 2019, No.2 (105), pp. 48-49.
- [2] Borodin K.G., Frolova E.YU. Razvitie rossijskogo eksporta podsolnechnogo masla [Development of Russian sunflower oil exports]. Rossijskij vneshneekonomicheskij vestnik, 2019, No.6, pp. 48-64.
- [3] Evdokimova N.E., Tuhina N.YU. Statisticheskij analiz potrebleniya rastitel'nogo masla v Central'nom federal'nom okruge [Statistical analysis of vegetable oil consumption in the Central Federal district]. Vestnik Moskovskogo humanitarno-ekonomicheskogo instituta, 2018, No.4, pp. 20-26.
- [4] Kleshchevskij YU.N., Ryazanova O.A., Nikolaeva M.A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya rynka rastitel'nyh masel v Rossii [State and prospects of development of the vegetable oil market in Russia]. Ekonomika i predprinimatel'stvo, 2018, No.3 (92), pp. 196-202.
- [5] Kruchinina V.M., Ryzhkova S.M., Gasanova H.N. Sovremennye tendencii razvitiya rynka maslozhirovoj produkcii [Current trends in the development of the fat and oil products market]. Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii, 2016, No.12, pp. 65-71.
- [6] Lisicyan A.N., Grigor'eva V.N., Kuznecova N.V. Sovremennye napravleniya razvitiya maslozhirovoj otrasli Rossii [Modern trends in the development of the fat and oil industry in Russia]. Vestnik Vserossijskogo NII zhиров, 2018, No.2, pp. 7-12.
- [7] Minaeva E.V., Chencova A.O. Perspektivnye vozmozhnosti rosta ob'emov proizvodstva rastitel'nogo masla v Rossii s cel'yu importozameshcheniya [Promising opportunities for growth of vegetable oil production in Russia with the aim of import substitution]. V sbornike: Paradigma povysheniya ekonomicheskoy i prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii na osnove realizacii effektivnyh mekhanizmov

vzaimodejstviya s mirovym soobshchestvom sbornik nauchnyh trudov po materialam vtoroj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Moskovskij gosudarstvennyj universitet tekhnologij i upravleniya im. K. G. Razumovskogo, 2016, pp. 86-93.

- [8] Mityakova E.E., Arutyunyan A.A. Prognoz srednedushevogo potrebleniya rastitel'nyh masel v Rossijskoj federacii s uchetom scenarnyh uslovij social'no - ekonomicheskogo razvitiya [Forecast of average per capita consumption of vegetable oils in the Russian Federation, taking into account the scenario conditions of socio-economic development]. Upravlenie riskami v APK, 2019, No.2 (30), pp. 121-140.
- [9] Nikolaeva M.A., Ryazanova O.A. Rol' vneshnej torgovli v razvitii rynka maslozhirovyh produktov v Rossii [The role of foreign trade in the development of the fat and oil products market in Russia] Rossijskij vneshneekonomicheskij vestnik, 2018, No.5, pp. 66-84.
- [10] Osipov, A., Prolygina N., Silko E. Marketing produkci maslozhirovogo podkompleksa v usloviyah integracionnyh processov [Marketing of fat-and-oil products in the context of integration processes]. Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii, 2016, No. 9, pp. 67.
- [11] Pereverzev D.G., Ternovyh K.S. Konceptiya formirovaniya strategii razvitiya rynka produkci maslozhirovogo podkompleksa APK [The concept of forming a strategy for the development of the market for fat and oil products subcomplex]. V sbornike: Politekonomicheskie problemy razvitiya sovremennyh agroekonomicheskikh sistem Materialy 2-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 105-letiyu Voronezhskogo GAU. Pod obshchej redakciej E.B. Fal'kovich, E.A. Mamistovoj, 2017, pp. 157-162.

Сведения об авторах

Information about the authors

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	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
Кухарев Олег Николаевич ректор, доктор технических наук профессор кафедры «Организация и информатизация производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(927) 363-68-45 E-mail: kucharev.o.n@pgau.ru	Kukharev Oleg Nikolaevich rector, D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Organization and Informatization of production» Penza State Agrarian University Phone: +7(927) 363-68-45 E-mail: kucharev.o.n@pgau.ru
Зимняков Александр Михайлович кандидат химических наук доцент кафедры «Химия и теория и методика обучения химии» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» 440026, г.Пенза, ул.Лермонтова, 37 Тел.: E-mail: zimn57@mail.ru	Zimnyakov Aleksandr Mikhailovich PhD in Chemistry associate professor at the department of «Chemistry, theory and methods in studing Chemistry» Penza State University Phone: E-mail: zimn57@mail.ru

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ENVIRONMENTAL PROTECTION

УДК 636.087.25

Снижение бактериальной обсемененности пищевых отходов методом термовакуумной экструзии

Потапов М.А., Курочкин А.А.

Аннотация. В статье представлен материал, свидетельствующий о возможности применения термовакуумной экструзии с целью обеззараживания пищевых отходов. Предложена конструктивно-технологическая схема одного из вариантов технического решения предлагаемого метода. Приведены аргументы в пользу дальнейшего совершенствования термопластической экструзии с целью повышения энергоэффективности процесса.

Ключевые слова: отходы, обеззараживание, экструзия, термовакуумное воздействие, конструктивно-технологическая схема.

Для цитирования: Потапов М.А., Курочкин А.А. Снижение бактериальной обсемененности пищевых отходов методом термовакуумной экструзии // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 53–56.

Reduction of bacterial contamination of food waste by thermal vacuum extrusion

Potapov M.A., Kurochkin A.A.

Abstract. The article presents material indicating the possibility of using thermal vacuum extrusion for the purpose of disinfection of food waste. A design and technological scheme of one of the variants of the technical solution of the proposed method is proposed. Arguments are given for further improvement of thermoplastic extrusion in order to increase the energy efficiency of the process.

Keywords: waste, decontamination, extrusion, thermal vacuum effect, structural and technological scheme.

For citation: Potapov M.A., Kurochkin A.A. Reduction of bacterial contamination of food waste by thermal vacuum extrusion. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.4 (25). pp. 53–56 (In Russ.).

Введение

Как и в других мировых экономиках в Российской Федерации проблема утилизации пищевых отходов и их взаимосвязь с использованием вторичных материальных ресурсов давно перешла в категорию сверхактуальных.

В общем случае вторичные материальные ресурсы (ВМР) – это отходы производства и потребления, образующиеся в народном хозяйстве, для которых существует возможность повторного ис-

пользования непосредственно или после дополнительной обработки [2].

Для пищевых отходов, под которыми понимаются продукты питания, утратившие полностью или частично свои первоначальные потребительские свойства в процессах их производства, переработки, употребления или хранения [1], больше подходит (с точки зрения ВМР) другое определение: это – часть вторичных материальных ресурсов, в отношении которых в настоящее время имеется техническая возможность и экономическая целесообразность использования в экономической дея-

тельности государства в целях получения материалов и (или) энергии.

Пищевые отходы имеют высокую ценность и, как правило, до утилизации не загрязнены, поскольку в процессе их накопления необходимо соблюдение требований межгосударственного стандарта «Ресурсосбережение. Обращение с отходами» в части санитарии. Однако в дальнейшем загрязнение пищевых отходов может происходить при контакте с контейнерами для утилизации или транспортировки, а также в других случаях, когда не принимаются достаточные меры по ограничению их загрязнения.

В России системно и на постоянной основе ведутся работы по повторному использованию многих видов органических отходов, включая бытовые, муниципальные и пищевые отходы путем интеграции отходов в компост или их использования в качестве корма для животных. С этой точки зрения наиболее рациональный путь утилизации пищевых отходов – совмещение нескольких видов отходов при использовании (производстве новых композиций) их в качестве вторичных материальных ресурсов. В качестве примера такого подхода можно считать технологию производства кормов для животных на основе совместной переработки отходов растительного и животного происхождения [4, 5].

Подобные технологии, применяемые в настоящее время на практике, тем не менее, имеют ряд недостатков, затрудняющих их повсеместное применение.

Одной из главных проблем для таких технологий является то, что перерабатываемые отходы могут содержать микробиологические и химические загрязнения, которые ограничивают использование их в качестве корма для животных и требуют, как минимум, обеззараживания..

Особую озабоченность вызывают болезнетворные микроорганизмы (патогены), особенно в отходах, повторно используемых в качестве корма для животных. Эти патогены потенциально могут быть переданы животным через употребляемый корм и вызывать инфекционные заболевания, которые затем приводят к заражению людей. Для снижения рисков, связанных с повторным использованием отходов в качестве корма для животных, как правило, проводят предварительную обработку, которая уменьшает или устраняет потенциально патогенные микроорганизмы перед потреблением такого корма животными [6, 7].

Обычно в качестве такой обработки применяются: стерилизация, внесение химических добавок, компостирование или иное воздействие для полного уничтожения патогенов.

Одним из наиболее эффективных методов, способным снизить концентрацию бактерий при обработке пищевых отходов, является экструзия.

Экструзия – это метод, используемый в пищевой промышленности для производства таких продуктов как хлопья для завтрака, кукурузные па-

лочки, сухие корма для домашних животных. Сырьё, поступившее в экструдер, подвергается воздействию тепловой и механической обработки. После прохождения зоны повышенного давления, продукт выбрасывается в атмосферу, через отверстие в фильтре матрицы. Расширение продукта происходит при внезапном снижении давления, когда материал выпускается через матрицу за пределы внутреннего тракта машины. Величина расширения получаемого продукта зависит от нескольких факторов, включая содержание крахмала в обрабатываемом сырье, его влажности, температуры и рабочего давления процесса экструзии.

Метод сухой экструзии, применяемый, как правило, в одношнековых экструдерах в качестве единственного источника возникновения тепла, использует трение между частицами сырья и между обрабатываемым сырьем и рабочими органами экструдера. Процесс экструзии, обеспечивающий обработку и обезвоживание сырья, обычно занимает менее 30 с. При этом температура продукта на выходе из экструдера варьируется в диапазоне от 140 до 160 °С. Такая температура и избыточное давление примерно 100 кПа обеспечивает разрушение, как вегетативных бактериальных клеток, так и спор (стерилизация). Эффект стерилизации дополняется компрессионным эффектом, который воздействует на сырьё в процессе резкого падения давления в момент его выхода из фильеры экструдера. Таким образом, комбинированное воздействие на сырьё путем его нагревания, обезвоживания и разрыва клеток, возникающего во время резкого изменения давления, обеспечивает гарантированное обеззараживание готового экструдата [3].

Следует особо подчеркнуть, что метод переработки пищевых отходов методом экструзии имеет существенный недостаток, который нивелирует большую часть его преимуществ и препятствует широкому применению в производстве. Объясняется это тем, что рабочий процесс одношнековых экструдеров, с позиции термодинамики, основан на использовании теплоты, генерируемой непосредственно в тракте машины за счет диссипации энергии электрического тока привода. В качестве промежуточного звена преобразования электрической энергии привода машины (электродвигателя) в тепловую энергию нагреваемого в процессе экструзии сырья используется механическая энергия сил сдвига и трения обрабатываемого материала. Как следствие этого факта, обработка сырья с помощью автогенных экструдеров относится к чрезвычайно энергоёмким и весьма затратным в реализации процессам. Изыскание способов снижения энергоёмкости рабочего процесса одношнековых экструдеров, позволит существенно расширить их применение в самых различных сферах, в том числе и в переработке пищевых отходов.

В качестве одного из способов решения изложенной проблемы предлагается модернизация соответствующего оборудования, в рабочем процессе

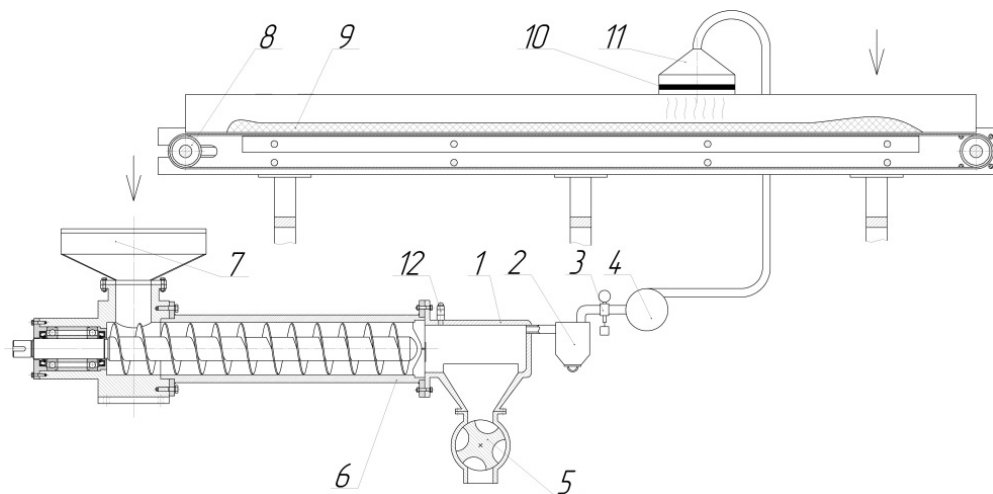


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема оборудования для обработки пищевых отходов

которого может быть использован экструдер с вакуумной камерой.

Такой экструдер состоит из загрузочной камеры 7 (рис. 1), корпуса 6, вакуумной камеры 1, оснащенной шлюзовым затвором 5 и воздушным клапаном 12, вакуум-баллона 2, вакуум-регулятора 3 и вакуумного насоса 4.

Экструдер с помощью трубопровода соединен с дефлектором 11, в рабочем объеме которого находятся воздушные ТЭНы 10.

В верхней части экструдера смонтирован ленточный конвейер 9, перемещаемой с помощью приводного вала 8.

Вакуумная камера 1 с одной стороны ограничена шлюзовым затвором 5 и с помощью трубопровода соединена с вакуум-баллоном 2.

Вакуумная камера, а также трубопроводы, соединяющие ее с вакуум-баллоном и дефлектором, с внешней стороны покрыты теплоизоляционным материалом (напыляемый утеплитель PENOPLEX).

Шлюзовый затвор 5 служит для выгрузки готового продукта без разгерметизации вакуумной камеры экструдера.

Вакуумный насос 4 обеспечивает пониженное давление (давления ниже атмосферного) в вакуумной камере.

Вакуум-баллон 2 служит для выравнивания давления воздуха в системе и сбора конденсата.

Вакуум-регулятор 3 необходим для поддержания пониженного давления в вакуумной камере экструдера в заданных пределах при требуемой влажности готового продукта.

С помощью воздушного клапана 12 в вакуумной камере регулируется давление (путем впуска воздуха), а также интенсивность перемещения горячего пара, поступающего на предварительный нагрев сырья.

Подача горячего водяного пара из вакуумной камеры на конвейер осуществляется с помощью вакуум-насоса. При включенных ТЭНах, температура пара повышается, а его влажность – снижается.

Рабочий процесс оборудования для переработки пищевого сырья осуществляется следующим

образом. Обрабатываемое сырье предварительно нагревается, перемещаясь с помощью конвейера в загрузочную камеру экструдера и далее – в его шнековую часть. Захваченное шнеком сырье последовательно проходит зоны прессования и дозирования машины, нагреваясь до температуры 130-150 °С, а затем выводится через фильеру матрицы в вакуумную камеру.

Попадая из области высокого давления (во внутреннем тракте экструдера) в зону пониженного давления, сырье подвергается декомпрессионному взрыву, который представляет собой процесс мгновенного перехода воды, находящейся в сырье, в пар.

Образующийся горячий пар температурой 120-140 °С с помощью вакуум-насоса перемещается в зону ленточного конвейера. При обработке сырья с повышенной влажностью (более 30 %), включаются один, два или три воздушных ТЭНа. При этом удаляемый из воздушной камеры горячий водяной пар не только дополнительно нагревается, но и существенно снижает свою влажность.

Из вакуумной камеры обрабатываемое сырье с температурой 100-110 °С с помощью шлюзового затвора 5 выводится за пределы машины и подается на фасование.

Таким образом, снижение энергозатрат на выполнение рабочего процесса модернизируемого экструдера (повышение его энергоэффективности) обеспечивается за счет замещения части энергии электрического привода машины энергией (теплотой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе его интенсивного обезвоживания в вакуумной камере экструдера.

Выводы

Предлагаемая конструктивно-технологическая схема модернизированного оборудования позволяет гарантированно снизить бактериальную обсемененность обрабатываемых пищевых отходов до приемлемого уровня и снизить ориентировочно на 25-30 % энергозатраты на технологический процесс.

Список литературы

- [1] Р 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2008. – 16 с.
- [2] ГОСТ Р 54098-2010. Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2011. – 14 с.
- [3] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [4] Курочкин, А.А. Технология производства кормов на основе термовакуумной обработки отходов с/х производства /А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // Инновационная техника и технология. 2014. № 4. С. 36-40.
- [5] Пат. 2610805 Российская Федерация МПК А23К 40/25, А23К 10/26, А23К 10/37. Способ производства кормов /заявители: П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, А.Л. Мишанин; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенский ГТУ.– № 2015119627; заявл. 25.05.2015; опубл. 12.02.2017, Бюл. № 5. 8 с.
- [6] Izumi, K., Okishio, Y., Nagao, N., Niwa, C., Yamamoto, S., Toda, T. Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste // International Biodeterioration & Biodegradation. 2010. T. 64. № 7. С. 601-608.
- [7] Im, S., Lee, M.-K., Yun, Y.-M., Cho, S.-K., Kim, D.-H. Effect of storage time and temperature on hydrogen fermentation of food waste // 2018 Asia Biohydrogen and Biorefinery Symposium. 2020. T. 45. № 6. С. 3769-3775.

References

- [1] Р 30772-2001. Resource saving. Waste treatment. Terms and definitions. – Moscow: STANDARTINFORM, 2008. – 16 p.
- [2] GOST R 54098-2010. Resource saving. Secondary material resources. Terms and definitions. – Moscow: STANDARTINFORM, 2011. – 14 p.
- [3] Innovations in extrusion /A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, A. A. Blinokhvatov [et al.] Penza: RIO PGU, 2018. – 247 p.
- [4] Kurochkin, A. A. The technology of fodder production on the basis of thermal waste treatment/agricultural production /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Innovative engineering and technology. 2014. No. 4. Pp. 36–40.
- [5] Pat. 2610805 Russian Federation IPC A23K 40/25, A23K 10/26, A23K 10/37. Method of production of feed /appellants: P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, L. A. Mishanin; patentee FGOU VPO Penza state technical University.– № 2015119627; declared. 25.05.2015; publ. 12.02.2017, Byul. No. 5. 8 p.
- [6] Izumi, K., Okishio, Y., Nagao, N., Niwa, C., Yamamoto, S., Toda, T. Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste // International Biodeterioration & Biodegradation. 2010. T. 64. № 7. С. 601-608.
- [7] Im, S., Lee, M.-K., Yun, Y.-M., Cho, S.-K., Kim, D.-H. Effect of storage time and temperature on hydrogen fermentation of food waste // 2018 Asia Biohydrogen and Biorefinery Symposium. 2020. T. 45. № 6. С. 3769-3775.

Сведения об авторах

Information about the authors

Потанов Максим Александрович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440045, Пенза, ул. Ульяновская, д. 36, кв. 37 E-mail: torrentskachat@mail.ru	Potapov Maxim Alexandrovich postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: torrentskachat@mail.ru
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	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

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. Подписи должны состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки.

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

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

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

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

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

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

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

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

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

В редакцию предоставляются:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Список поиска терминов Agrovoc: <http://aims.fao.org/skosmos/agrovoc/en/search?clang=ru>

5. Список литературы должен быть представлен на русском языке и на латинице (транслитерация). В списке литературы не должно быть ссылок на одного и того же автора, минимум ссылок на правовые и нормативные документы, наличие ссылок на иностранные публикации. Не допускается машинный перевод текста на английский язык.

ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Для того, чтобы попасть в зарубежные аналитические базы данных Scopus и Web of Science необходимо оформлять статьи (в том числе в электронных научных журналах) в соответствии с требованиями зарубежных баз данных.

Этапы преобразования ссылки

1) На сайте <http://www.translit.ru> (в раскрывающемся списке «варианты» выбирать вариант, например: системы Госдепартамента США - BSI). Вставляем текст ссылки на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит». Название научного журнала в транслитерированном списке литературы должно совпадать с транслитерированным названием журнала, которое зарегистрировано при его включении в международные базы данных.

2) Англоязычные версии названий многих публикаций, журналов, книг и т.д. можно найти на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/>).

3) Переводим с помощью онлайн-переводчика все описание источника (название книги, статьи и т.д., кроме авторов) на английский язык, перевод редактируем и переносим в формируемый список (за транслитерированным названием).

4) Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. Нужно раскрыть место издания (например, Moscow), а также исправить обозначение страниц на английский язык (например, вместо 124 s. – 124 p., S. 12-15 – pp. 12-15) и номера («№» на «No.»). Курсивом выделяем название источника (при описании статьи) или название книги (монографии, сборника). Убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания, заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием.

Порядок преобразования ссылки

Переводим ссылку в транслит и убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания (// и -), заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva, Pravo i politika, 2004, № 1, S. 19-30.

После транслитерированного заглавия статьи вставляем в квадратные скобки перевод заглавия на английский язык и выделяем название журнала (книги, монографии) курсивом:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva [**Sector of law and sector of legislation**], **Pravo i politika**, 2004, № 1, S. 19-30.

Меняем «№» на «No.» и страницы - «S.» на «pp.». Обязательно должны быть указаны первый и последний номера страниц статьи:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva (Sector of law and sector of legislation), **Pravo i politika**, 2004, **No. 1, pp. 9-30.**

Примеры оформления списка литературы в латинице

Описание статьи из журнала:

Osintsev A.M., Braginskii V.I., Ostroumov L.A., Gromov E.S. Ispol'zovanie metodov dinamicheskoi reologii dlya issledovaniya protsessa koagulyatsii moloka [Application of dynamic rheology in studying milk coagulation process]. *Agricultural Commodities Storage and Processing*, 2002, no. 9, pp. 46–49.

Описание статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

Описание статьи с DOI:

Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of *Lactobacillus bulgaricus*. *Food and Raw Materials*, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 9-14. doi:10.12737/2046

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. *Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem»* [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125-130.

Описание книги (монографии, сборники):

Berezov T.V., Korovin B.F. Bioorganicheskaya khimiya [Bioorganic Chemistry]. Moscow, Meditsina, 1990. 221 p.

Ot katastrofy k vozrozhdeniyu: prichiny i posledstviya razrusheniya SSSR [From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Описание Интернет-ресурса:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

Описание диссертации или автореферата диссертации:

Semenov V.I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

Описание ГОСТа:

GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 –2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

Описание патента:

Palkin M.V., Kulakov A.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

№4 (25)

2020

Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.

Сдано в производство 26.11.2020. Формат 60X84/8

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

Усл. печ. л. 7,09. Тираж 50 экз.