

**ISSN 2073-3569**

# **ХЛЕБОПЕЧЕНИЕ РОССИИ**

# **BAKERY OF RUSSIA**

**2023**

**№ 1**

## **Главный редактор журнала**

Битус Евгений Иванович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры прикладной механики и инжиниринга технических систем, Российский биотехнологический университет, Москва, Россия.

## **Заместитель главного редактора**

Омельченко Олег Михайлович – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры управления бизнесом и сервисных технологий, Российский биотехнологический университет, Москва, Россия.

## **Выпускающий редактор**

Забайкин Юрий Васильевич – кандидат экономических наук, доцент, аналитик, научно-образовательный центр новых информационно-аналитических технологий, аналитики систем управления и организации, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, Москва, Россия; доцент кафедры управления бизнесом и сервисных технологий, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия; специалист по организации научно-исследовательской работы, отдел проектной деятельности и подготовки кадров высшей квалификации, Московский государственный гуманитарно-экономический университет, Москва, Россия.

## **Редакционная коллегия**

Алехина Надежда Николаевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

Белявская Ирина Георгиевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия.

Березина Наталья Александровна – доктор технических наук, доцент, проректор по цифровизации, научной и инновационной деятельности, Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, Орел, Россия.

Ильина Ольга Александровна – доктор технических наук, профессор, ректор, Международная промышленная академия, Москва, Россия.

Жаркова Ирина Михайловна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

Жиров Михаил Вениаминович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной автоматики, Московский государственный университет технологий и управления им К.Г. Разумовского, Москва, Россия.

Казарцев Дмитрий Анатольевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии виноделия, бродильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления им К.Г. Разумовского, Москва, Россия.

Краснов Андрей Евгеньевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии», Московский государственный университет технологий и управления им К.Г. Разумовского, Москва, Россия.

Краус Сергей Викторович – доктор технических наук, профессор, генеральный директор ООО «Ирек», вице-президент Российского союза пекарей, председатель правления Союза производителей пищевых ингредиентов, председатель рабочей группы по аграрной и пищевой промышленности при Российско-Германской внешнеторговой палате, Барнаул, Россия.

Магомедов Газибег Омарович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

Макаров Сергей Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии пищевых продуктов и биотехнологии, Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия.

Налиухин Алексей Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия.

Никитин Игорь Алексеевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья, Московский государственный университет технологий и управления им К.Г. Разумовского, Москва, Россия.

Пономарева Елена Ивановна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

Росляков Юрий Федорович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пищевой инженерии, Кубанский государственный технический университет, Краснодар, Россия.

## СОДЕРЖАНИЕ

Ирина Георгиевна Белявская, Галина Николаевна Дубцова, Александр Алексеевич Ломакин Влияние порошков калины и барбариса на реологические свойства теста из пшеничной муки	6
Наталья Александровна Березина, Евгения Викторовна Хмелева Анализ современного состояния применения вторичного растительного сырья пищевой промышленности: обзор предметного поля	17
Олег Михайлович Омельченко, Алексей Владимирович Лялин Методика риск-моделирования в бизнесе интегрированных корпоративных образований агропромышленного комплекса	34
Владимир Петрович Тощевиков Динамический модуль термопластичных полимеров, перспективных для использования в оборудовании пищевой промышленности	47
Наталья Анатольевна Шмалько, Наталья Викторовна Мацакова, Стелла Владимировна Демченко, Тамара Вагановна Ваницкая, Анна Олеговна Войлова, Диана Олеговна Монастырная, Игорь Алексеевич Никитин, Игорь Владимирович Хомяков Микробиологическая безопасность хлеба из цельнозерновой муки ремесленного изготовления	55

## CONTENTS

Irina G. Belyavskaya, Galina N. Dubtsova, Alexander A. Lomakin The influence of viburnum and barberry powders on the rheological properties of wheat flour dough	6
Natalya A. Berezina, Evgenia V. Khmeleva Analysis of the current state of application of secondary plant raw materials in the food industry	17
Oleg M. Omelchenko, Alexey V. Lyalin Methodology of risk modeling in the business of integrated corporate entities of the agro-industrial complex	34
Vladimir P. Toshchevnikov Dynamic modulus of thermoplastic polymers, promising for use in food industry equipment	47
Natalya A. Shmalko, Natalya V. Matsakova, Stella V. Demchenko, Tamara V. Vanitskaya, Anna O. Voilova, Diana A. Monastyrnaya, Igor A. Nikitin, Igor V. Khomyakov Microbiological safety of artisan bread made from whole grain flour	55

## Влияние порошков калины и барбариса на реологические свойства теста из пшеничной муки

### **Ирина Георгиевна Белявская**

Доктор технических наук  
Российский биотехнологический университет  
Москва, Россия  
belyavskaya@mgupp.ru  
ORCID 0000-0003-1924-2985

### **Галина Николаевна Дубцова**

Доктор технических наук  
Российский биотехнологический университет  
Москва, Россия  
ubcovaGN@mgupp.ru  
ORCID 0000-0001-6520-394X

### **Александр Алексеевич Ломакин**

Доктор технических наук  
Российский биотехнологический университет  
Москва, Россия  
lomakin@mgupp.ru  
ORCID 0000-0001-9222-1385

Поступила в редакцию 17.01.2023

Принята 01.02.2023

Опубликована 15.03.2023

УДК 664.7:633.11:634.7/.8

EDN AFKXMG

ВАК 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

### **Аннотация**

В статье рассмотрена разработка технологических решений промышленного производства хлебулочных изделий с использованием растительных порошков калины и барбариса, которая базируется на закономерностях изменения реологических характеристик полуфабрикатов. Обзор научной литературы показал отсутствие исследований о влиянии порошков из плодов калины и барбариса на реологические свойства теста из пшеничной муки. Целью настоящих исследований является определение влияния порошков из плодов калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) и барбариса (*Berberis vulgaris* L.) на фаринографические характеристики теста из муки пшеничной хлебопекарной для разработки технологии обогащённых хлебулочных изделий. Определение реологических свойств теста осуществляли на приборе «Farinograph-E» в соответствии с руководством к прибору по ГОСТ ISO 5530-1-2013. При проведении исследований использовали пробу муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта по ГОСТ 26574-2017. Экспериментально установлен характер изменения реологических свойств теста с применением исследуемых растительных порошков. Так, использование в рецептуре порошка из плодов барбариса снижает показатель водопоглощения тестовой системы. Характер влияния порошка из плодов калины на показатель водопоглощения пшеничного теста изменялся в зависимости от количества исследуемой растительной добавки. Время образования пшеничной тестовой системы при внесении порошков из плодов барбариса и калины значительно возрастает. Выводы: экспериментально установлено, что добавление в рецептуру хлебулочных

изделий из пшеничной муки высшего сорта порошков из плодов барбариса и калины оказывает значительное влияние на реологическое поведение тестовой системы. Добавление порошка из плодов барбариса в тесто в количестве до 7,5 %, а также порошка из плодов калины в количестве до 2,5% снижает водопоглотительную способность полуфабрикатов, что обуславливает снижение показателя влажности тестовой системы. Внесение в рецептуру изделия порошка из плодов калины в количестве от 5 до 7,5% приводит к повышению показателя водопоглощения на 0,5-1,3% по отношению к контролю. При использовании исследуемых растительных порошков в рецептуре хлебобулочного изделия необходимо увеличивать продолжительность замеса теста для формирования стабильных реологических характеристик полуфабрикатов. Представленные результаты определения показателей «числа качества» исследуемых тестовых систем позволяют прогнозировать стабильные свойства полуфабрикатов при производстве хлебобулочных изделий с использованием порошков из плодов барбариса и калины в количестве до 7,5 % к массе пшеничной муки высшего сорта.

### **Ключевые слова**

порошок из плодов калины, барбариса, тесто, реологические свойства теста, фаринограф, водопоглощение теста, время образования теста, стабильность теста.

### **Введение**

Рассмотрим влияние порошков калины и барбариса на реологические свойства теста из пшеничной муки

Питание во многом определяет здоровье человека, его работоспособность и продолжительность жизни. С пищей человек должен получать все необходимые макро- и микроэлементы, которые способны регулировать обмен веществ в организме, функциональную активность его органов и систем. В этой связи особое значение приобретают продукты ежедневного потребления, а именно – хлебобулочные изделия. Благодаря популярности у населения хлебобулочных изделий, произведённых из натурального сырья, например, из цельнозерновой муки с добавлением семян и других природных ингредиентов, их ассортимент постоянно пополняется. И одним из востребованных направлений его расширения сегодня является производство хлебобулочных изделий с включением в их рецептурный состав продуктов переработки плодово-ягодного сырья (Апаршева, 2017), в частности – порошков барбариса и калины, богатых биологически активными веществами (Дубцова, 2021), а также других источников пищевых веществ, проявляющих антиоксидантные свойства (Винницкая, 2020; Синютина, 2011; Белявская, 2019; Фаткуллин, 2022; Нилова, 2019).

Исследование химического состава порошков из плодов барбариса и калины позволило научно обосновать их применение при производстве хлебобулочных изделий (Дубцова, 2021). Среди биологически активных веществ, присутствующих в порошках, особый интерес представляют полифенольные соединения, которые представлены флавоноидами (рутин, гиперозид и кверцитрин), катехинами (эпигаллатехин, катехин и эпикатехин) и фенолокислотами, поэтому порошки барбариса и калины характеризуются высокой антиоксидантной активностью.

Для прогнозирования показателей качества хлебобулочных изделий с использованием рецептурных ингредиентов – источников биологически активных веществ – изучение их влияния на реологические свойства полуфабрикатов хлебопекарного производства является необходимым (Черных, 2003; Ямашев, 2011; Крячко, 2019). В то же время разработка технологических решений промышленного производства хлебобулочных изделий с использованием растительных порошков калины и барбариса базируется на закономерностях изменения реологических характеристик полуфабрикатов. Обзор научной литературы показал отсутствие исследований о влиянии порошков из плодов калины и барбариса на реологические свойства теста из пшеничной муки.

### **Материалы и методы исследования**

Объектами настоящего исследования являлись пробы теста, приготовленные из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта по ГОСТ 26574-2017 с внесением порошков из плодов калины

обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) и барбариса (*Berberis vulgaris* L.) в количестве до 7,5 % к массе муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Контролем служили пробы теста без внесения исследуемых порошков.

Для определения влияния исследуемых растительных порошков на реологические свойства пшеничного теста использовали прибор «Farinograph-E».

Определение реологических свойств теста проводили в соответствии с руководством к прибору по ГОСТ ISO 5530-1-2013. Метод основан на измерении и регистрации консистенции теста в процессе его образования из муки (для контрольного образца) и тестовой системы с внесением порошков из плодов калины обыкновенной и барбариса и воды, развития теста и изменения его консистенции в процессе замеса. Стандартная консистенция пшеничного теста с исследуемыми рецептурными компонентами достигается путём подбора количества добавляемой воды. Экспериментально установленное количество воды является характеристикой водопоглощения исследуемой тестовой системы. Кроме показателя водопоглощения фаринографическая кривая регистрирует такие показатели теста, как время образования, стабильность, разжижение, число качества. Лабораторные исследования проводили в пятикратной повторности, математическую обработку осуществляли с применением программы Statistica 6.0, средние значения исследуемых параметров представлены в результатах исследований.

В исследовании для определения реологических характеристик тестовой системы на приборе «Farinograph-E» готовили навеску муки из пшеничной муки высшего сорта массой из расчета 300 г муки при базисной влажности 15%. Так как влажность муки отличалась от базисной, масса навески  $G_{м.ф.}$  определялась по формуле:

$$G_{м.ф.} = \frac{G_{м.б.} \cdot (100 - W_{м.б.})}{100 - W_{м.ф.}}; \text{ (Апаршева, 2011).}$$

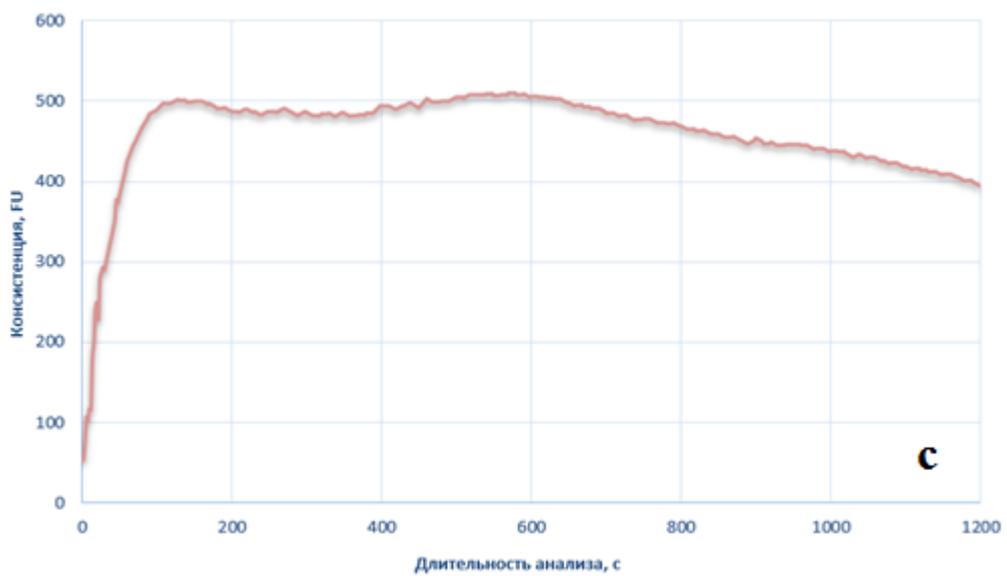
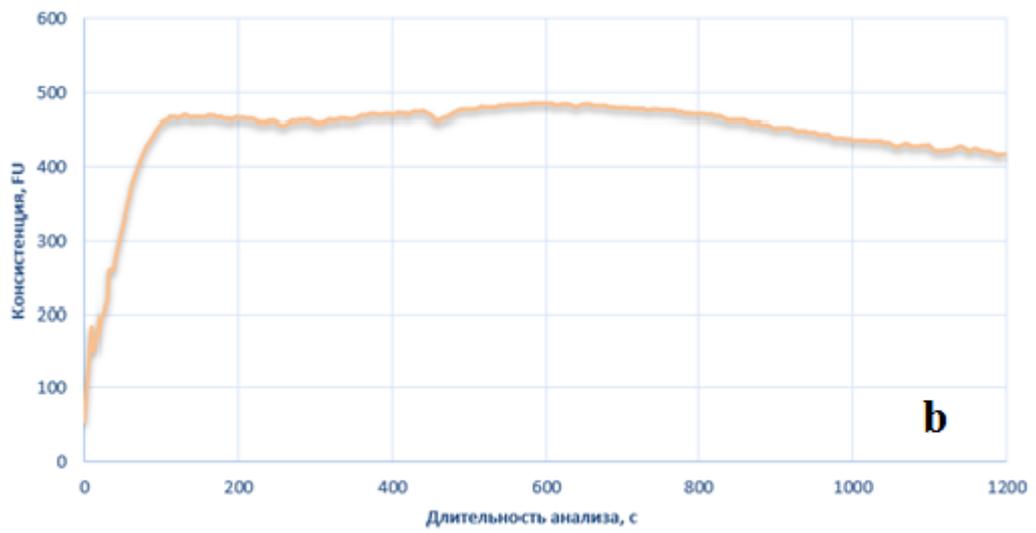
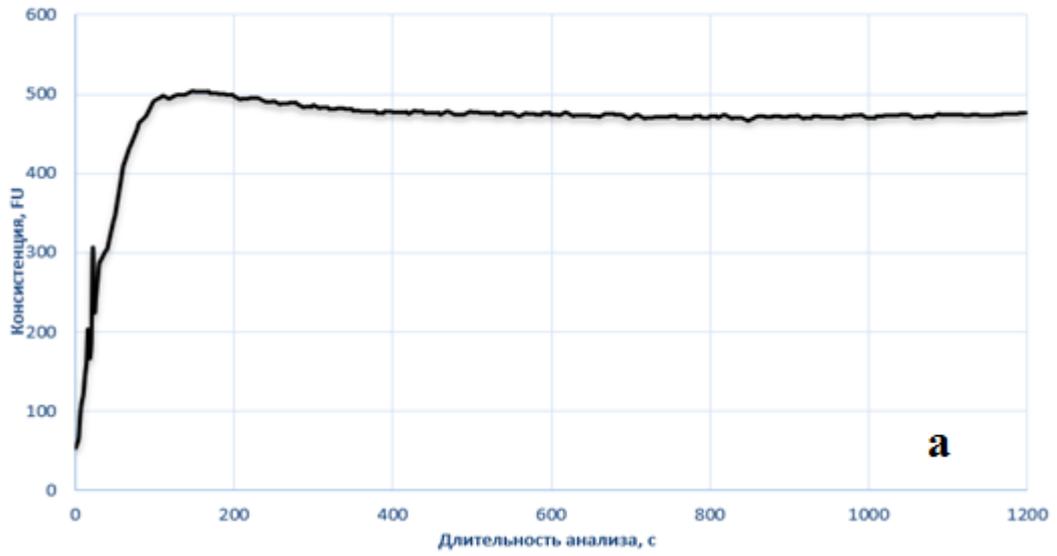
где  $G_{м.б.}$  – масса муки пшеничной, необходимая для замеса теста на приборе с базисной влажностью 15%, г;

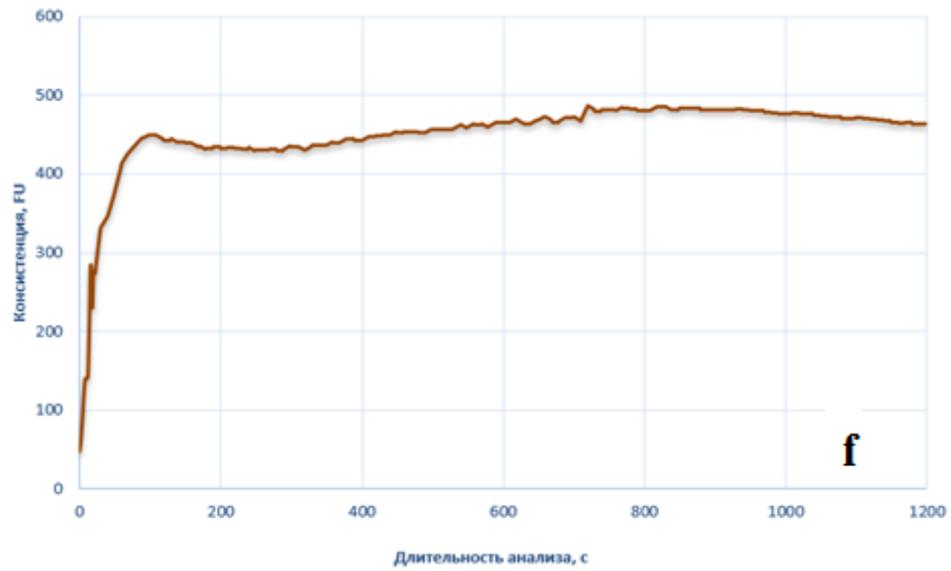
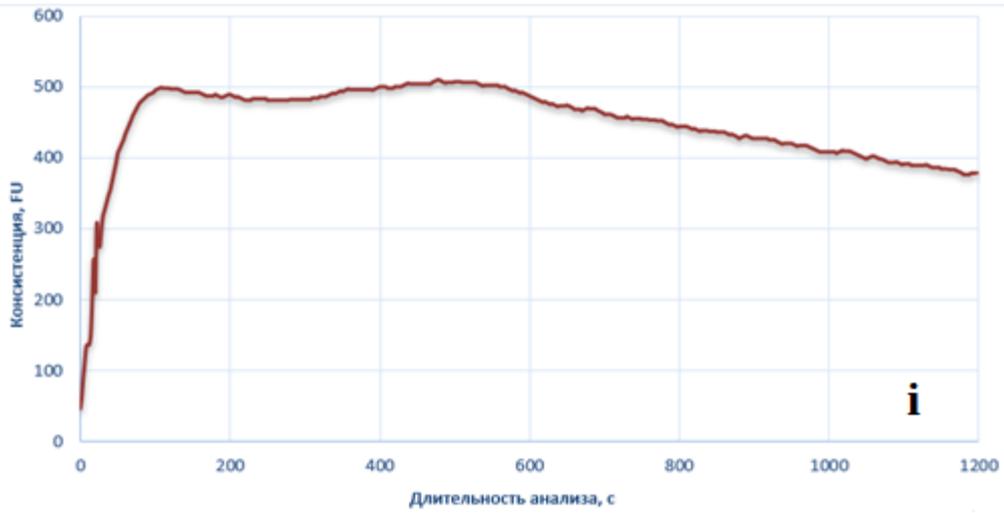
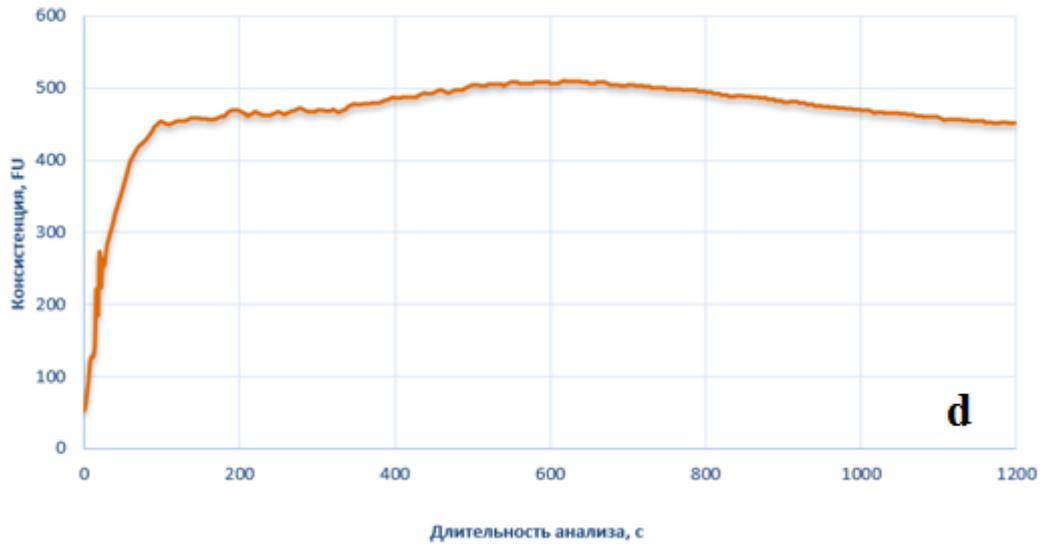
$W_{м.б.}$  – базисная влажность муки, %;

$W_{м.ф.}$  – фактическая влажность муки, %.

Подготовленную муку помещали в месильную ёмкость прибора и термостатировали в течение одной минуты при установленной частоте вращения месильных органов равной 63 об/мин. Температура рубашки месильной камеры составляла 30 °С и поддерживалась с помощью водяного термостата в течение всего эксперимента. Для замеса теста в течение 25 с из бюретки заливали дистиллированную воду в объёме, необходимом для получения консистенции тестовой системы равной 500 единиц прибора. Количество воды, израсходованной при замесе теста, обусловлено водопоглотительной способностью муки и исследуемых растительных компонентов, определяет водопоглощение изучаемой тестовой системы. При дальнейшем фаринографическом замесе определяли такие показатели, как время образования, стабильность, разжижение, число качества.

Рассмотрим результаты данного исследования. Фаринограммы контрольной пробы пшеничного теста и тестовых систем с добавлением порошков из плодов барбариса или калины представлены на рисунке 1.





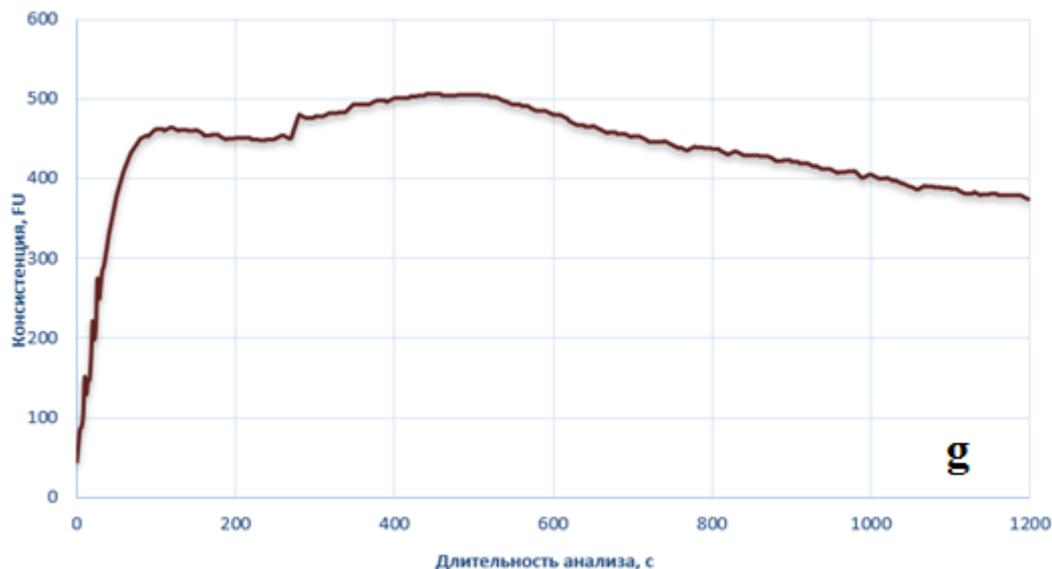


Рисунок 1. Фаринограммы пшеничного теста: а – контрольной пробы.

На рисунке графики b, d, f – исследования с добавлением порошка из плодов барбариса в дозировке 2,5; 5,0 и 7,5% к массе муки, соответственно; с, i, g – исследования с добавлением порошка из плодов калины в дозировке 2,5; 5,0 и 7,5% к массе муки, соответственно.

Средние значения фаринографических характеристик контрольной пробы и тестовых систем с внесением исследуемых растительных порошков барбариса и калины приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Влияние порошка из плодов барбариса на показатели реологических свойств пшеничного теста

Наименование показателя	Значение показателей реологических свойств теста с добавлением порошка барбариса в количестве, % к массе муки			
	0 (контроль)	2,5	5	7,5
Водопоглощение, %	59	58,9	58,1	57,9
Время образования, В, мин	2,5	10,2	10,3	12,0
Стабильность, С, мин	18,7	14,0	13,6	12,8
Разжижение, Е, е.Ф	30/33	0/72	4/74	21/42
Число качества, QN, мм	92	149	153	215

Таблица 2. Влияние порошка из плодов калины на показатели реологических свойств пшеничного теста

Наименование показателя	Значение показателей реологических свойств теста контроль с добавлением порошка калины в количестве, % к массе муки			
	0 (контроль)	2,5	5	7,5
Водопоглощение, %	59	58,6	59,5	60,3
Время образования, В, мин	2,5	9,7	8,0	7,7

Стабильность, С, мин	18,7	11,2	9,1	8,6
Разжижение, E, е.Ф	30/33	4/125	23/134	26/127
Число качества, QN, мм	92	122	102	103

Экспериментально установлен характер изменения реологических свойств теста с применением исследуемых растительных порошков.

### Обсуждение и результаты

Пшеничное тесто представляет собой упругую вязко-эластичную массу, свойства которой зависят от значительного количества факторов: хлебопекарных свойств муки, определяемых генетическими особенностями перерабатываемого зерна, условий его выращивания и хранения, сорта муки, параметров замеса, рецептуры теста и других факторов.

Изучение реологических свойств теста с применением фаринографа позволяет получить данные о характере динамики формирования теста, о накоплении потенциальной энергии упругой деформации на начальном этапе и её изменении в процессе механического воздействия на тестовую систему (Diosi, 2015).

Анализ полученных результатов установил влияние порошков из плодов барбариса и калины на реологические свойства пшеничного теста.

Экспериментально установлено, что использование в рецептуре порошка из плодов барбариса снижает показатель водопоглощения теста. Так, при внесении порошка в количестве 7,5%, значение водопоглощательной способности тестовой системы уменьшалось на 1,1 единицы. Характер влияния внесения порошка из плодов калины на показатель водопоглощения пшеничного теста значительно изменялся. Незначительное уменьшение показателя водопоглощательной способности теста при добавлении порошка из плодов калины в количестве 2,5% к массе муки сменялось его повышением до 60,3 % при добавлении порошка в количестве 7,5%. Полученные экспериментальные данные позволяют корректировать количество воды, необходимое для замеса теста из пшеничной муки высшего сорта с добавлением растительных порошков.

Добавление исследуемых растительных порошков значительно повлияло на процесс формирования тестовой системы. Время образования пшеничного теста при внесении порошков из плодов барбариса и калины в дозировках 2,5% возрастает более чем в 4 раза. Дальнейшее увеличение дозировки порошка из плодов барбариса до 7,5% увеличивало показатель времени образования теста на 2 минуты, а при внесении порошка из плодов калины в количестве 7,5% наблюдается снижение времени образования теста на 2 минуты. Вероятно, характер влияния определяется химическим составом исследуемых порошков, наличием и количеством водорастворимых и нерастворимых пищевых волокон и других биополимеров тестовой системы. При этом высокая кислотность порошков определяет интенсивность гидролитических процессов при формировании структуры пшеничного теста.

Стабильность пшеничного теста при добавлении исследуемых растительных порошков демонстрирует незначительное снижение, что, с высокой степенью вероятности, связано с уменьшением содержания клейковины и изменениями в структуре упруго-пластичного клейковинного каркаса при замесе пшеничного теста.

Показатели степени разжижения пшеничного теста при добавлении порошков из плодов барбариса и калины в исследуемых дозировках имели меньшие значения по сравнению с контрольными пробами. Экспериментально установленное снижение показателя разжижения пшеничного теста при добавлении порошков оценивается положительно и свидетельствует об улучшении реологических свойств тестовой системы.

Показатель «число качества», определяемый с использованием фаринографа, – величина, интегрирующая все реологические показатели прибора. В неё входят характеристики формирования теста, устойчивость теста к замесу и степень его разжижения. Чем выше этот комплексный показатель, тем лучше реологические характеристики исследуемой тестовой системы.

При проведении фаринографических исследований установлено, что добавление растительных порошков в тесто повышало значение показателя «число качества». При этом внесение порошка из плодов калины в пшеничное тесто повышало значения этого показателя незначительно, а добавление порошка из плодов калины более чем в два раза. Экспериментально полученные данные демонстрируют положительное влияние на реологические свойства пшеничного теста исследуемых растительных порошков.

### Заключение

Таким образом, установлено, что добавление в рецептуру хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта порошков из плодов барбариса и калины оказывает значительное влияние на реологическое поведение тестовой системы.

Так, внесение порошка из плодов барбариса в тесто в количестве до 7,5 %, а также порошка из плодов калины в количестве до 2,5% снижает водопоглотительную способность полуфабрикатов, что обуславливает снижение показателя влажности тестовой системы. Внесение в рецептуру изделия порошка из плодов калины в количестве от 5 до 7,5% приводит к повышению показателя водопоглощения на 0,5-1,3% по отношению к контролю.

Таким образом, при использовании исследуемых растительных порошков необходимо увеличивать продолжительность замеса теста для формирования стабильных реологических характеристик полуфабрикатов.

Вывод: представленные результаты определения показателей «числа качества» исследуемых тестовых систем позволяют прогнозировать стабильные свойства полуфабрикатов при производстве хлебобулочных изделий с использованием порошков из плодов барбариса и калины в количестве до 7,5% к массе пшеничной муки высшего сорта.

### Список литературы

1. Апаршева В.В. Порошок из плодов рябины и шиповника в технологии получения пшеничного хлеба // Хлебопечение России. 2011. № 4. С. 22-23.
2. Белявская И.Г., Научно-практические основы технологии хлебобулочных изделий с направленной коррекцией пищевой ценности и антиоксидантных свойств: автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.18.01. М., 2019. 47 с.
3. Дубцова Г.Н., Ломакин А.А., Кусова И.У., Буланникова Е.И., Быстров Д.И. Биологически активные вещества порошков из плодов барбариса и калины // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. №4. С. 779-783.
4. Винницкая В.Ф., Мантрова А.С. Антиоксидантная активность новых хлебобулочных изделий с пребиотическими свойствами // Наука и образование. 2020. Т. 3. № 1. С. 79.
5. Крячко Т.И., Малкина В.Д., Жиркова Е.В., Мартиросян В.В., Смирнова С.А., Славянский А.А. Влияние порошка из капусты брокколи на хлебопекарные свойства пшеничной муки и реологические характеристики теста // Известия высших учебных заведений «Пищевая технология». 2019. № 7. С. 31-35.
6. Нилова Л.П. Антиоксидантные свойства хлебобулочных изделий с плодово-ягодными порошками // Хлебопродукты. 2018. № 11. С. 48-50.
7. Синютина С.Е., Романцева С.В., Савельева В.Ю. Экстракция флавоноидов из растительного сырья и изучение их антиоксидантных свойств. Вестник Томского государственного университета. 2011. Вып. 1. Т. 16. С. 345-347.
8. Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Науменко Н.В., Попова Н.В., Науменко Е.Е., Иванисова Е., Васильев А.К. Исследование антиоксидантных свойств обогащенных хлебобулочных изделий // Аграрная наука. 2022. № 9. С. 167-172.
9. Черных В.Я., Ширшиков М.А., Максимов А.С. Определение реологических свойств структурных компонентов пшеничной муки в процессе замеса теста // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 5-6. С. 101-104.

10. Ямашев Т.А. Исследование структурно-механических свойств теста из смеси пшеничной и овсяной муки с применением фаринографа // Вестник Казанского технологического университета. 2011. Вып. 17. Т. 14. С. 129-133.
11. Шаболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Анисимкина Н.В. Результаты изучения биохимических свойств зерна овса голозерного и физических свойств теста смесей с пшеничной мукой // Зерновое хозяйство России. 2021. № (4). С. 61-65. URL: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-76-4-61-65>
12. Diosi G., More P. M., Role of the farinograph test in the wheat our quality determination // Sipes Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria. 2015. № 8. pp. 104-110.
13. Dubtsova G.N., Lomakin A.A., Azimkova E.M., Kosareva K.V., Dubtsov G.G., Kusova I.U. Lipid composition of viburnum and barberry fruits // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser.: «International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials – Technology of Fats and Oils», 2021. № 640(4). 6 p.

### **The influence of viburnum and barberry powders on the rheological properties of wheat flour dough**

#### **Irina G. Belyavskaya**

Doctor of Technical Sciences  
Russian Biotechnological University  
Moscow, Russia  
belyavskaya@mgupp.ru  
ORCID 0000-0003-1924-2985

#### **Galina N. Dubtsova**

Doctor of Technical Sciences  
Russian Biotechnological University  
Moscow, Russia  
ubcovaGN@mgupp.ru  
ORCID 0000-0001-6520-394X

#### **Alexander A. Lomakin**

Doctor of Technical Sciences  
Russian Biotechnological University  
Moscow, Russia  
lomakin@mgupp.ru  
ORCID 0000-0001-9222-1385

Received 17.01.2023  
Accepted 01.02.2023  
Published 15.03.2023

UDC 664.7:633.11:634.7/.8  
EDN AFKXMG

VAK 4.3.5. Biotechnology of food and biologically active substances (technical sciences)  
OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

#### **Annotation**

The development of technological solutions for the industrial production of bakery products using plant powders of viburnum and barberry is based on the patterns of changes in the rheological characteristics of semi-finished products. A review of the scientific literature showed a lack of research on the effect of powders from

the fruits of viburnum and barberry on the rheological properties of dough made from wheat flour. The purpose of this research is to determine the effect of powders from the fruits of viburnum (*Viburnum opulus* L.) and barberry (*Berberis vulgaris* L.) on the farinographic characteristics of dough made from wheat flour for the development of technology for enriched bakery products. Materials and methods: The determination of the rheological properties of the dough was carried out on a Farinograph-E device in accordance with the manual for the device according to GOST ISO 5530-1-2013. When conducting research, we used a sample of premium-grade wheat flour in accordance with GOST 26574-2017. The nature of the change in the rheological properties of the dough using the studied plant powders was experimentally established. Thus, the use of barberry fruit powder in the formulation reduces the water absorption rate of the test system. The nature of the effect of viburnum fruit powder on the water absorption rate of wheat dough varied depending on the amount of the plant additive studied. The time of formation of a wheat test system when adding powders from barberry and viburnum fruits increases significantly. It has been experimentally established that the addition of barberry and viburnum fruit powders to the recipe for baked goods made from premium wheat flour has a significant effect on the rheological behavior of the test system. Adding barberry fruit powder to the dough in an amount of up to 7,5%, as well as viburnum fruit powder in an amount of up to 2,5%, reduces the water absorption capacity of semi-finished products, which causes a decrease in the moisture content of the test system. Adding viburnum fruit powder to the product recipe in an amount of 5,0 to 7,5% leads to an increase in water absorption by 0,5 to 1,3% relative to the control. When using the plant powders under study, it is necessary to increase the duration of kneading the dough to form stable rheological characteristics of semi-finished products. The presented results of determining the «quality number» indicators of the test systems under study allow us to predict the stable properties of semi-finished products in the production of bakery products using powders from barberry and viburnum fruits in amounts of up to 7,5% by weight of wheat flour.

#### **Keywords**

powder from the fruits of viburnum, barberry, dough, rheological properties of the dough, farinograph, water absorption of the dough, dough formation time, dough stability.

#### **References**

1. Aparsheva V.V. Poroshok iz plodov ryabiny i shipovnika v tekhnologii polucheniya pshenichnogo hleba // Hlebopechenie Rossii. 2011. № 4. pp. 22-23.
2. Belyavskaya I.G., Nauchno-prakticheskie osnovy tekhnologii hlebobulochnyh izdelij s napravlennoj korrekciej pishchevoj cennosti i antioksidantnyh svojstv: avtoref. dis. d-ra. tekhn. nauk: 05.18.01. M., 2019. 47 p.
3. Chernyh V.YA., SHirshikov M.A., Maksimov A.S. Opredelenie reologicheskikh svojstv strukturnyh komponentov pshenichnoj muki v processe zamesa testa // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya. 2003. № 5-6. pp. 101-104.
4. Diosi G., More P. M., Role of the farinograph test in the wheat our quality determination // Sipa Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria. 2015. № 8. pp. 104-110.
5. Dubcova G.N., Lomakin A.A., Kusova I.U., Bulannikova E.I., Bystrov D.I. Biologicheskii aktivnye veshchestva poroshkov iz plodov barbarisa i kaliny // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. 2021. T. 51. №4. pp. 779-783.
6. Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Popova N.V., Naumenko E.E., Ivanisova E., Vasil'ev A.K. Issledovanie antioksidantnyh svojstv obogashchennyh hlebobulochnyh izdelij // Agrarnaya nauka. 2022. № 9. pp. 167-172.
7. Kryachko T.I., Malkina V.D., ZHirkova E.V., Martirosyan V.V., Smirnova S.A., Slavyanskij A.A. Vliyanie poroshka iz kapusty brokkoli na hlebopekarnye svojstva pshenichnoj muki i reologicheskii harakteristiki testa // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij "Pishchevaya tekhnologiya". 2019. № 7. pp. 31-35.
8. Nilova L.P. Antioksidantnye svojstva hlebobulochnyh izdelij s plodovo-yagodnymi poroshkami // Hleboprodukty. 2018. № 11. pp. 48-50.

9. Shabolkina E.N., Shevchenko S.N., Anisimkina N.V. Rezul'taty izucheniya biohimicheskikh svoystv zerna ovsa golozernogo i fizicheskikh svoystv testa smesej s pshenichnoj mukoj // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № (4). pp. 61-65. URL:
10. Sinyutina S.E., Romanceva S.V., Savel'eva B.YU. Ekstrakciya flavonoidov iz rastitel'nogo syr'ya i izuchenie ih antioksidantnyh svoystv. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. Vyp. 1. T. 16. pp. 345-347.
11. Vinnickaya V.F., Mantrova A.S. Antioksidantnaya aktivnost' novyh hlebobulochnyh izdelij s prebioticheskimi svoystvami // Nauka i obrazovanie. 2020. T. 3. № 1. pp. 79.
12. Yamashev T.A. Issledovanie strukturno-mekhanicheskikh svoystv testa iz smesi pshenichnoj i ovsyanoj muki s primeneniem farinografa // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2011. Vyp. 17. T. 14. pp. 129-133.

**Анализ современного состояния применения вторичного растительного сырья пищевой промышленности: обзор предметного поля**

**Наталья Александровна Березина**

Доктор технических наук

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина

Орел, Россия

berezina@orelsau.ru

ORCID 0000-0001-7421-0332

**Евгения Викторовна Хмелева**

Кандидат технических наук

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина

Орел, Россия

hmelevaev@bk.ru

ORCID 0000-0002-3867-6992

Поступила в редакцию 12.11.2022

Принята 12.01.2023

Опубликована 15.03.2023

УДК 664:502.174.1

EDN AGCICW

БАК 4.3.3. Пищевые системы (технические науки)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

**Аннотация**

Работа посвящена современному краткому обзору использования вторичного растительного сырья пищевых производств в пищевой и перерабатывающей промышленности. Целью данного обзора является выявление ключевых аспектов использования отходов пищевых производств. В рамках обзора предметного поля отобраны 82 источника из баз данных РИНЦ, Scopus, Web of Science, опубликованных в 2006-2022 годах и посвященных характеристике вторичного сырья пищевых производств, способам его переработки и использования в качестве функциональных добавок для производства широкого ассортимента продуктов питания и кормовых добавок функционального назначения. Все источники представляют собой оригинальные научно-исследовательские и обзорные статьи, посвященные применению вторичного растительного сырья в перерабатывающих отраслях в России и за рубежом. В материале проведен поиск исследований, опубликованных с 2006 по 2022 год. Основная доля статей представлена оригинальными научно-исследовательскими и обзорными публикациями, посвященными рассмотрению проблемы потери возможности использования вторичного сырья как источников функциональных добавок как в мире, так и у нас в стране. Приведены виды пищевых отходов, образующихся при переработке растительного сырья. Рассмотрены методы и способы обработки и переработки вторичного растительного сырья, позволяющие улучшить состав и потребительские свойства традиционных пищевых продуктов и получить новые продукты с заданным составом и свойствами. Рекомендацией изданного исследования явилось целесообразность использования отходов пищевых производств в качестве кормовых добавок, а также как новых альтернативных источников сырья для создания инновационных продуктов питания повышенной пищевой ценности и функциональной направленности.

### **Ключевые слова**

пищевые отходы, вторичное растительное сырье, переработка растительного сырья, новые виды пищевого сырья, инновационные продукты питания.

Работа выполнена за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания «Разработка биологически активных добавок к пище на основе плодово-ягодного, овощного и лекарственного растительного сырья» (FEEF-2023-0016, регистрационный номер 1023053100014-0-2.11.1).

### **Введение**

На сегодняшний день в России отходы производств, занятых в пищевой сфере, не всегда находят рациональное применение во вторичной переработке. Для этого необходимо развитие пищевых и перерабатывающих производств, требующее решения задач, связанных с совершенствованием техники и технологий, применяемых для рационального использования побочных продуктов и отходов пищевых производств (Иванова, 2017).

Ежегодно на пищеперерабатывающих предприятиях России образуется более 20 млн тонн вторичного сырья, загромаждающего производство, ежедневно подвергающегося микробиологической порче. В преобладающем большинстве такие отходы не находят квалифицированного применения и в основной массе, в лучшем случае, вывозятся на полигоны хранения в зависимости от их агрегатного состояния (Шванская и соавт., 2011).

Эта проблема требует ее скорейшего решения, так как кроме её экологической составляющей неоспоримым фактором необходимости вторичного использования отходов пищевых производств является то, что при переработке в них переходят полезные вещества первоначального сырья. Они необратимо теряются при утилизации и кроме загрязнения окружающей среды безвозвратно утрачиваются полезные белки, углеводы, жиры, минеральные вещества и витамины.

Вместе с тем значительное количество отходов пищевых производств возможно использовать в качестве кормовых добавок, новых источников сырья для создания инновационных продуктов питания. Работы в этом направлении ведутся по всему миру.

Работа посвящена современному краткому обзору использования вторичного растительного сырья пищевых производств в пищевой и перерабатывающей промышленности. Поскольку целью данного обзора является выявление ключевых аспектов использования отходов пищевых производств, необходимо ответить на следующие исследовательские вопросы: какие виды отходов образуются при переработке растительного сырья, какие способы переработки и использования вторичного растительного сырья рассмотрены существующей литературой.

### **Материалы и методы исследования**

В рамках данной работы был проведён анализ российской и зарубежной литературы за более чем десятилетний период. Для поиска статей использовались комбинации ключевых слов: «пищевые отходы», «вторичное растительное сырье», «переработка + вторичное растительное сырье». Поиск и подбор источников производился в международных базах данных Scopus, Web of Science, а также отечественных eLibrary.Ru и КиберЛенинка. Рассматривались публикации за временной промежуток с 2006 года по 2022 год. Было отобрано 82 статьи, в том числе 76 статей на русском и 6 – на английском языке.

### **Результаты и обсуждение**

В представленном обзоре приведены виды пищевых отходов, образующихся при переработке растительного сырья. Рассмотрены методы и способы обработки и переработки вторичного растительного сырья, позволяющие улучшить состав и потребительские свойства традиционных пищевых продуктов и получить новые продукты с заданным составом и свойствами.

Вторичным сырьем при производстве сахара являются жом, диффузионная вода, меласса, при уборке свеклы в поле – ботва, отходами бродильных производств – барда, углекислота, отработанные дрожжи, сивушные масла. При производстве соков, морсов, ликероналивочных изделий образуются выжимки или мезга, содержащая пектины, клетчатку, натуральные красящие компоненты переработанных плодов и ягод.

Крахмалопаточные производства при переработке крахмалистого сырья образуются такие отходы, как мезга, клеточный сок (при переработке картофеля), мезга, зародыш и глютен (при переработке пшеницы и кукурузы). Богатый и разнообразный состав таких отходов позволяет использовать их как источники для получения пищевых волокон, белковых добавок и липидсодержащих компонентов при производстве широкого ассортимента пищевых и кормовых добавок.

Вторичным сырьем при производстве крупяных и масложировых продуктов является мучка, лузга, жмыхи и шроты. В винодельческой промышленности до 25% от перерабатываемого сырья является такое вторичное сырье, как виноградные выжимки, гребни и семена. При производстве пива и безалкогольных напитков образуется пивная дробина, солодовые ростки, пивные дрожжи и белковый отстой. В консервном, овощесушильном и пищекокцентратном производствах применяются различные овощи, садово-ягодные культуры, а также бобовые, крупяные и другие продукты. Отходами являются очистки, листья, кочерыжки, мезга, выжимки, кожица и семена, створки бобов.

При этом, к примеру, свекловичная ботва является хорошим кормом для крупного рогатого скота, откармливаемого на мясо. Свекловичный жом, выход которого составляет 70-80% от массы перерабатываемой свеклы, содержит растворимые и нерастворимые пищевые волокна, такие как пектин и клетчатка. Данный отход служит ценным кормовым сырьем, а также используется для производства высококачественного пищевого пектина и пектинового клея. Имеются исследования по использованию сухого свекловичного жома для производства высококачественных пищевых волокон, рекомендуемых для обогащения хлебобулочных изделий (Мазалова, 2015). Оптимизированы технологические режимы производства пищевых волокон из свекловичного жома с повышенной водосвязывающей и сорбционной способностью (Березина и соавт., 2014).

Кроме всего прочего, сейчас уже разработаны технологии мучных хлебопекарных смесей с пищевыми волокнами из свекловичного жома (Berezina и соавт., 2021). Установлено, что пищевые волокна из свекловичного жома и пшеницы обладают сорбционными свойствами различных вредных веществ из растворов (Березина, 2014). М.Ю. М.Ю. Тамова совместно с сотрудниками доказали детоксикационные свойства пищевых волокон из свекловичного жома (Тамова, 2019).

Такой пищевой отход, как меласса содержит значительное количество сбраживаемых сахаров и минеральных веществ и используется в спиртовом производстве (Сидоренко, 2006), в производстве хлебопекарных дрожжей и глицерина (Озубекова, 2019), при производстве витамина В<sub>12</sub>, глутамата натрия, молочной кислоты (Шалкарова, 2018), а также как добавка в корма для животных (Гуляева и соавт., 2011). Имеются исследования по очистке свекловичной мелассы от нежелательных примесей путем коагуляции твёрдых частиц с последующей фильтрацией и тонким барботированием специализированной газовой смесью. Опытный продукт может быть рекомендован для кондитерских паст аналогично тростниковой и кленовой мелассам (Шердани, 2021).

Барда применяется для производства пищевых и кормовых дрожжей, глицерина, удобрений, включается в кормовой рацион как высокобелковый компонент. Обработка послеспиртовой барды селекционированным консорциумом анаэробных микроорганизмов путём их направленного культивирования позволила получить белковые кормовые продукты с содержанием протеина 45-47%. В обработанной таким способом барде содержатся легкоперевариваемые углеводы и продукты метаболизма молочнокислых и пропионовокислых бактерий, придающих корму пробиотические свойства (Волкова, 2016).

Кроме того, разработана и технология биоразлагаемой упаковки из спиртовой барды, свекловичного жома, пивной дробины, масленичного жома и костного клея (Антипов, 2014). А из соковых выжимок вишни, алычи, аронии, бузины, винограда с применением обратноосмотических мембран получены концентраты натуральных красящих веществ насыщенного красного и бордового цветов,

содержащие значительное количество полифенольных веществ (Родионова и соавт., 2021). Рекомендуются для соков, пюреобразных консервов, безалкогольных напитков, мороженого с целью повышения насыщенности цвета и улучшения пищевой ценности (Сидоренко, 2006).

Разработан экстракт из клюквенного жмыха, полученный путем его обработки водно-спиртовым растворителем с последующей деагаголизацией и концентрированием на роторном испарителе до содержания сухих веществ  $74,5 \pm 0,9$  %. Содержание витамина С в новом продукте составляет  $18,9 \pm 0,9$  % (Петрова и соавт., 2018).

Едыговой С.Н и Хатко З.Н. исследована кинетика извлечения пектиновых веществ из выжимок айвы с применением электроактивированной воды (Едыгова с соавт., 2011).

Томатные выжимки являются ценным источником каротиноидов, в том числе ликопина, имеющего высокую антиоксидантную активность (Лисовая с соавт., 2021). Pataro G. с сотрудниками исследована возможность подготовки выжимок томатов к экстракции ликопина импульсным электрическим полем. Установлено, что скорость извлечения ликопина, как ацетоном, так и этиллактатом, увеличивается на 27-37% (Samofalova, 2021). Исследована технология получения ликопинов из томатных выжимок, предварительно подверженным ферментативной обработке препаратами пектиназы и целлюлазы. Предварительная обработка ферментами позволила сократить процесс экстракции и увеличить выход экстракта в 6-10 раз (Vieira с соавт., 2017). Применение ультразвуковой обработки томатных выжимок перед экстракцией позволяет увеличить выход экстракта на 43% и уменьшить температуру обработки до  $40$  °C (Mateos-Aparicio, 2010).

Из яблочных выжимок предложена технология пищевых волокон методом экстракции лимонной кислотой (Strati, 2015), порошка методом высушивания при температуре не более  $100$  °C (Роганова, 2015), методом электрохимической активации (Степанова, 2017), яблочной пасты с применением СВЧ-нагрева (Перфилова, 2017). Предложена технология зефира с использованием яблочной пасты, образующейся после отделения из дробленых яблок 40-45% сока (Перфилова, 2018).

Сотрудниками Мичуринского государственного аграрного университета разработан способ производства тыквенного порошка из вторичного сырья производства тыквенной пасты. Способ предусматривает смешивание кожицы и грубых частиц мякоти с оболочками семян тыквы в соотношении 97:3, сушку в инфракрасной сушилке и измельчение. Рекомендуются для обогащения хлебобулочных и мучных кондитерских изделий каротином, пектиновыми веществами и клетчаткой (Янагисава, 2011).

В работе (Мартынец, 2019) приведены результаты исследования выжимок яблок и тыквы. Разработана рецептура пшеничного хлеба с добавлением 15% тыквенных и 9,2% яблочных выжимок. Предложена технология низкотемпературного концентрирования настоев как рационального метода переработки плодово-ягодных выжимок с целью извлечения из них пектина (Панченко, 2021).

Сотрудниками Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» предложена БАД для витаминных премиксов и готовых пищевых продуктов из смеси порошков яблочной и виноградной выжимок, получаемого путем инфракрасной сушки, измельчения и смешивания в соотношении 55-75% и 25-45% соответственно (Причко, 2019).

Разработана рецептура и исследованы органолептические свойства батончиков для спортивного питания с применением белково-минеральной добавки, разработанной на основе вторичного шпротного сырья и яблочных выжимок (Некрасова, 2020), а также технология переработки некондиционного картофеля для получения сахаросодержащих добавок (Орлова, 2017). Предложена интенсивная технология переработки некондиционных клубней, кожуры, мезги, сока, кусочков картофеля в виде срезов с клубней, полуклейстеризованных очисток после пароводотермической обработки картофеля путем влаготепловой обработки дисперсного растительного сырья и получения ингредиентов для кормовых продуктов с пребиотическими свойствами (Калашников, 2017).

Также учёные выявили новую технологическую схему комплексной переработки вторичного продукта крахмального производства и гороховой муки с применением ферментативной экстракции и ультразвукового воздействия. Получен белковый концентрат с массовым содержанием азотистых веществ  $72,48 \pm 0,41$  % (Куликов с соавт., 2020).

Исследования доказали экономическую эффективность использования кукурузного глютена для кормления молодняка свиней (Куприянов, 2011) и тонкорунных баранчиков (Абилов, 2013), из лузги после гидролиза возможно получение спирта, дрожжей и фурфурола (Смычагин, 2019).

Для кормовых целей также активно используются жмыхи и шроты (Павлова, 2022). При первичной очистке масел образуются гидратационные фузы, используемые в мыловарении, для получения пищевых и кормовых фосфатидов, олифы (Левахин с соавт., 2014).

Применение подсолнечного шрота и зерновой барды при твердофазном культивировании непатогенного штамма гриба *Aspergillus oryzae* для производства белково-полисахаридных кормов позволяет увеличить содержание незаменимых аминокислот в микробной биомассе (Серба, 2019).

Кроме всего прочего, микробиологи предложили использовать гречневую лузгу в производстве кваса, при приготовлении кваса концентрат квасного суслу заменили настоем гречневой лузги в соотношении 70:30 соответственно (Коростылева, 2015). После исследования состава гречневой муки было установлено высокое содержание в ней жирорастворимых витаминов, полиненасыщенных жирных кислот. Вторичное пищевое сырье было рекомендовано для обогащения продуктов питания (Никифорова, 2014).

Из выжимок винограда предложены технологии получения спирта, энокрасителя и винной кислоты. В настоящее время виноградные выжимки преимущественно используют в качестве удобрения или на корм скоту (Баланов, 2013). Кустовой И.А. разработан виноградный экстракт высокой пищевой ценности на основе использования вакуумной сублимационной сушки в условиях бескислородной среды и применением его при производстве грушевых снеков (Кустова, 2016). Сотрудниками Национального института винограда и вина «Магарач» исследован фенольный состав водно-спиртовых экстрактов из кожицы красного и белого винограда (Чурсина, 2014). В кормопроизводстве виноградные выжимки рекомендуется использовать в смеси с кормовым вермикулитом для получения необходимых физико-химических свойств кормовой добавки (Алимкулов, 2019).

Обработка виноградной выжимки ферментным препаратом Целловиридин позволило получить ягодное пюре, которое было использовано в рецептурной композиции функционального продукта питания – повидла фруктового стерилизованного «Слива-виноград» с содержанием антиоксидантов в готовом продукте 609,5 мг/100 г (Дрофичева, 2021).

Учеными ФГБНУ «Северо-Кавказского Федерального научного центра садоводства, виноградарства и виноделия» проанализирован потенциал виноградных выжимок как источника для производства пищевых волокон. Определено, что содержание кожицы в исследуемых сортах винограда, как основного сырьевого компонента для пищевых волокон составляет 36,7-41,9% (Тихонова, 2019).

Сотрудниками Дагестанского технического университета предложена технология экстракта или порошка из виноградных выжимок, эти продукты предлагается использовать при производстве безалкогольных напитков, хлебобулочных и кондитерских изделий, съедобной потребительской тары (Ибрагимова, 2019). Бакиным И.А., Мустафиной А.С., Алексеенко Л.А. разработано программное обеспечение для расчета пищевой ценности мучных кондитерских изделий при внесении в них добавок вторичных ресурсов плодово-ягодного сырья (Бакин, Мустафина, Алексенко, 2018). Для улучшения аминокислотного состава хлебобулочных изделий Т.А. Никифорова с сотрудниками рекомендовали использовать гороховую муку (Никифорова, 2022).

Пивная дробина в свежем и сухом виде является хорошим молокогонным и белковым кормом, поэтому она используется для скармливания коровами для откорма крупного рогатого скота и свиней (Воронова, 2021). Пивные дрожжи используются в качестве лечебных и питательных препаратов, улучшающих обмен веществ (Куцакова, 2014; Некрылов, 2013; Тарасов, 2022) имеются данные по использованию, для улучшения качества хлебобулочных изделий (Кириева, 2008; Тохтиев, 2016), а также при разработке зернового батончика (Первушин, 2011).

Пивная дробина и пивные дрожжи являясь ценным источником белковых веществ могут быть рекомендованы для получения белковых гидролизатов (Ващило, 2017). Имеются исследования по возможности использования пивной дробины для улучшения пищевой ценности хлебобулочных изделий из пшеничной муки (Житков, 2020; Лаврова, 2015) при производстве мучных кондитерских изделий –

овсяного печенья (Рошпико, 2018), пряников (Лесникова, 2015). Исследовано влияние замены 10% мясного сырья на ферментированную пивную дробину. Установлено значительное влияние на функционально-технологические свойства мясного фарша, увеличение его влагосвязывающей и влагоудерживающей способности, что позволяет увеличить влажность колбасных изделий и снизить их себестоимость (Самигулина, 2018).

Солодовые ростки, благодаря высокому содержанию питательных веществ, являются высокопродуктивным кормом для сельскохозяйственных животных (Байдина, 2021; Радчиков, 2022), а также используются при производстве молочной кислоты и выработке дрожжей из мелассы в качестве азотсодержащего сырья. Высокая ферментативная активность солодовых ростков позволяет рекомендовать их для производства ферментных препаратов для активации брожения. О.Ю. Ереминой с сотрудниками исследован аминокислотный состав (Заугольников, 2020), пищевая и биологическая ценность (Еремина, 2022) солодовых ростков, рекомендовано использование для разработки комбинированных добавок и непосредственного введения в рецептуры с целью обогащения пищевых продуктов.

Установлено, что солодовые ростки увеличивают содержание в печенье минеральных веществ и витаминов группы В. Дозировка ростков в количестве до 10% взамен муки способствует улучшению органолептических показателей готового печенья (Еремина, 2021). Разработаны мюсли с добавлением солодовых ростков с улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями (Артемова, 2021). Внесение солодовых ростков в состав йогуртов и мягкого сыра увеличивают интегральные показатели качества готового продукта (Зомитева, 2019). Э.А. Пьяникова с сотрудниками разработан способ получения пищевой добавки из солодовых ростков и полировочных отходов (Пьяникова, 2018).

Белковый отстой, внесенный в количестве 10 % взамен мясного сырья при производстве колбасных изделий, позволил снизить содержание жира на 1,2 % и увеличить количество белка на 1,9 % в готовом продукте (Мурзагалиева, 2019). Основное применение данных отходов консервного, овощесушильного и пищевого концентратного производств – на корм животным.

Сахаросодержащие плодово-ягодные отходы от производства компотов, варенья, джема (Атаханов, 2017), соков (Мусагутов, 2006), маринадов применяют для производства спирта и уксуса (Вогуска, 1999). Семена – для производства масла, кожицу цитрусовых плодов – для получения эфирных масел и пектиновых веществ. Сиропы из вторичного сырья консервной промышленности рекомендованы для изготовления тыквенных цукатов (Киселев с соавт., 2018).

Также был разработан способ получения пектинового экстракта из створок бобов (Ольховатов, Щербакова, Родионова, Айрумян, Пивень, 2015) и исследована его комплексообразующая способность (Лепшина, 2015).

Отметим, что переработка различных видов сырья проводится с применением различных сред в зависимости от его вида для получения пектиновых веществ и экстрактов. Так, выжимки фруктов, овощей, винограда перерабатывают нагреванием с добавлением воды; отходы переработки овощей и фруктов, отруби – вводом разбавленных растворов минеральных кислот; пленки, оболочки, стебли – солей сернистой кислоты, перекисей; крахмалсодержащее сырье обрабатывают амилитическими ферментами (Петровская, 2011).

Для целей переработки внедряется и новая техника. Так, для извлечения пектина из столовой свеклы методом ультразвуковой обработки разработана специальная конструкция экстрактора. Благодаря применению новой ёмкости продолжительность ферментативной экстракции сократилась на 2 ч, а выход увеличился на 19-21% (Велямов, 2018).

### **Заключение**

При производстве продуктов питания вторичное пищевое сырьё позволяет улучшить состав и потребительские свойства традиционных продуктов и получить новые продукты с заданным составом и свойствами.

Отходы пищевых производств целесообразно использовать в качестве кормовых добавок, а также как новые альтернативные источники сырья для создания инновационных продуктов питания повышенной пищевой ценности и функциональной направленности.

### Список литературы

1. Абилов Б.Т., Кильпа А.В., Синельщикова И.А., Шаханов В.А. Эффективность использования вторичного сырья крахмалопаточного производства при откорме тонкорунных баранчиков // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2013. № (6). С. 11-15.
2. Алимкулов Ж.С., Велямов М.Т., Сарманкулов Т.М., Жумалиева Т.М. Производство отечественных комбикормов с использованием нетрадиционных видов сырья перерабатывающих и пищевых производств // Вестник Алматинского технологического университета. 2019. № (4). С. 34-37.
3. Антипов С.Т., Шахов С.В., Жигулина М.О. Внедрение принципов устойчивого развития производства биоразлагаемой упаковки из вторичных материальных ресурсов пищевых производств // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № (4). С. 53-57.
4. Артемова Е.Н., Серегина Н.В., Аверина, Е.Ю. Разработка и оценка качества мюсли с солодовыми ростками пшеницы // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2021. № (6). С. 90-93.
5. Атаханов Ш.Н., Рахимов У.Ю., Маллабоев О.Т. Исследование физико-химических и бактериологических показателей джема из соковых выжимок топинамбура // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № (6). С. 36-38.
6. Байдина И.А., Каледина М.В. Экономическая эффективность и использование солодовых ростков в рационах телят // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2021. № (2). С. 56-62.
7. Баланов П.Е. Технология бродильных производств. 2013. 66 с.
8. Березина Н.А., Мазалова Н.В., Тарасова А.В. Получение пищевых волокон из вторичного сырья // Научный журнал научно исследовательского университета ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № (1).
9. Березина Н.А., Мазалова Н.В. Свойства пищевых волокон из вторичного сырья свеклосахарного и крахмального производства // Техника и технологии продуктов питания: Наука. Образование. Достижения. Инновации: Материалы конференции. Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс. Орел, Россия. 2014. С. 105-110.
10. Бакин И.А., Мустафина А.С., Алексенко Л.А. РФ Патент № 2018610192. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Расчет пищевой ценности обогащенных мучных кондитерских изделий с добавками вторичных ресурсов плодово-ягодного сырья. 2018.
11. Вацило В.С., Казимиров Е.А., Землякова Е.С. Вторичное сырье для производства белковых гидролизатов // Вестник современных исследований. 2017. № 8. С. 32-34.
12. Велямов Ш.М., Джингилбаев С.С., Актерян, С.Г. Совершенствование процесса переработки растительного сырья с целью извлечение пектина на экстракторе // Новости науки Казахстана. 2018. № (1). С. 117-134.
13. Волкова Г.С., Римарева Л.В., Арифиллина Л.Р., Белекчи А.П. Биоконверсия вторичного сырья спиртового производства в белковые кормовые добавки // Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии. 2016. С. 275-282.
14. Воронова И.В., Игнатьева Н.Л., Немцева Е.Ю. Использование пивной дробины как источника протеина в рационах дойных коров // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 42-46.
15. Гуляева Т.И., Власова Т.А. Повышение эффективности свеклосахарного производства. 2011. 235 с.

16. Дрофичева Н.В. Использование вторичного сырья переработки винограда в технологии производства функциональных продуктов питания // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 69. С. 326-336.
17. Едыгова С.Н., Хатко З.Н. Влияние параметров извлечения пектиновых веществ из выжимок айвы на показатели качества пектина // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2011. № 4, С. 50-53.
18. Еремина О.Ю., Серегина Н.В. Сравнительный анализ биологической ценности солодовых ростков пшеницы и ячменя // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2022. № 6. С. 59-63.
19. Еремина О.Ю., Серегина Н.В., Диденко Е.Ю. Формирование и оценка потребительских свойств печенья с добавлением солодовых ростков пшеницы // Индустрия питания. 2021. № 2. С. 34-42.
20. Житков В.В., Федоренко Б.Н., Быков А.В. Питательные свойства хлеба с добавлением пивной дробины // Health, Food&Biotechnology. 2020. № 4. С. 81-88.
21. Заугольникова Е.В., Еремина О.Ю. Аминокислотный состав солодовых ростков пшеницы // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. № 1. С. 68-71.
22. Зомитева Г.М., Еремина О.Ю., Борисова С.Ю., Заугольникова Е.В. Анализ экономических показателей конкурентоспособности йогуртов, обогащенных порошком из соловых ростков пшеницы // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. № (5), С. 118-123.
23. Зомитева Г.М., Ветрова О.Н., Еремина О.Ю., Серегина Н.В. Оценка конкурентного потенциала мягкого сыра с добавлением ферментированных солодовых ростков ячменя // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. № (1). С. 106-110.
24. Ибрагимова Л.Р., Исламов М.Н., Салаватова К.Ш. Технология производства пищевых порошков на основе вторичного сырья. Совершенствование технологических процессов в пищевой, химической и перерабатывающей промышленности. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет. 2019. 73-77 с.
25. Иванова В.Н., Серегин С.Н., Аварский Н.Д. Производство, переработка, и хранение сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: цели и задачи, основные приоритеты развития // Пищевая промышленность. 2017. № (1), С. 8-12.
26. Калашников Г.В., Корнеева О.С., Толкачева А.А., Черняев О.В. Разработка ресурсосберегающей интенсивной технологии производства сухих продуктов быстрого приготовления и рекуперации вторичного пищевого сырья. Современные задачи инженерных наук: Материалы симпозиума. М.: Московский государственный университет дизайна и технологии. 2017. 129-134 с.
27. Кириева Т.В. Хлеб на основе остаточных пивных дрожжей. Известия высших учебных заведений // Пищевая технология. 2008. № 4. С. 28-30.
28. Киселев А.А., Садыгова М.К., Белова М.В., Галлиуллин А.А., Шишкина А.Н. Использование вторичного сырья консервной промышленности в технологии сахаристых кондитерских изделий // Вестник Красноярский государственный аграрный университет. 2018. № (6). С. 176-181.
29. Коростылева Л.А., Парфенова Т.В., Муравьева О.О. Использование вторичного сырья в производстве кваса. Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы конференции. Бийск: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. 2015. 384-386 с.
30. Куликов Д.С., Колпакова В.В., Уланова Р.В., Чумикина Л.В., Бессонов В.В. Биологическая переработка зерна гороха и вторичного сырья крахмального производства с получением пищевых и кормовых белковых концентратов // Биотехнология. 2020. № (4). С. 49-58.
31. Куприянов С.В., Абилов Б.Т. Эффективность кормовых добавок из вторичного сырья крахмалопаточного и молочного производства в рационах свиней // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2011. № 4-1. С. 78-81.

32. Кустова И.А. Разработка технологии новых пищевых продуктов с использованием экстрактов из вторичного виноградного сырья. Кандидатская диссертация, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства. Краснодар, 2016. 23 с.
33. Куцакова В.Е., Фролов С.В., Шкотова Т.В., Марченко В.И., Чичина Т.В. Новая технология получения автолизата со свойствами сорбента микотоксинов из отработанных пивных дрожжей // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № (2-3). С. 75-78.
34. Лаврова Л.Ю., Лесникова Н.А., Борцова Е.Л. Влияние механоактивированной пивной дробины на качество хлебопекарного полуфабриката // Хлебопродукты. 2015. № (10). С. 50-51.
35. Левахин Ю.И., Нуржанов Б.С., Польшина М.А. Влияние фуза подсолнечного, приготовленного по разной технологии, на переваримость питательных веществ рационов и их обмен в организме лактирующих коров // Животноводство и молочное дело. 2014. № (3). С. 76-79.
36. Лепшина А.И. Определение комплексобразующей способности пектина из створок бобов сои методом обратного титрования // Молодой учёный. 2015. № (6). С. 344-347.
37. Лесникова Н.А., Лаврова Л.Ю., Борцова Е.Л. Использование пивной дробины в производстве пряничных изделий // Хлебопродукты. 2015. № (7). С. 44-46.
38. Лисовая Е.В., Викторова Е.П., Свердловченко А.В., Корнен Н.Н. Вторичные ресурсы переработки томатов – ценное сырье для получения пищевых ингредиентов // Новые технологии. 2021. № (2). С. 40-47.
39. Мазалова Н.В. Разработка технологии и практическое использование пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки при производстве хлебулочных изделий. Кандидатская диссертация, государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс. Орёл, Россия. 2015. 16 с.
40. Мартынец М.В., Мезенова Н.Ю. Вторичное растительное сырье как источник биологически активных веществ в хлебулочных изделиях повышенной пищевой ценности // Материалы Балтийского морского форума. 2019. Т. 2. С. 107-113.
41. Мусагутов Р.Р. РФ Патент № 2278604. Способ получения сока из плодов и ягод, потерявших товарный вид. 2006.
42. Мурзагалиева Д.В., Григорян Л.Ф., Храмова В.Н., Васильева В.В., Шинкарева С.В., Княжеченко О.А. Использование вторичного сырья пивоваренного производства в технологии полукопченых колбасных изделий. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № (2-3). С. 54-57.
43. Некрасова Ю.О., Мезенова О.Я. Моделирование рецептуры батончиков для спортивного питания с применением вторичного пищевого сырья. Научное обеспечение технологического развития и повышения конкурентоспособности в пищевой и перерабатывающей промышленности: Материалы конференции. М.: Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова. 2020. 277-281 с.
44. Некрылов Н.М., Глотова И.А., Парфенова Т.А. Биомасса остаточных пивных дрожжей как источник пищевых и биологически активных веществ // Современные наукоемкие технологии. 2013. № (8-2). С. 319.
45. Никифорова Т.А., Хон И.А., Байков, В.Г. Рациональное использование вторичного сырья крупяного производства // Хлебопродукты. 2014. № 6. С. 50-51.
46. Никифорова Т.А., Пономарев С.Г., Хон И.А., Леонова С.А. Рациональное использование вторичного сырья крупяного производства // Хлебопродукты. 2022. № 12. С. 57-60.
47. Озубекова А.Н. Получение глицерина из отхода сахарного производства мелассы. В Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и тенденции развития: Материалы конференции. Уфа: Изд-во Башкирского государственного университета, 2019. 210-212 с.
48. Ольховатов Е.А., Щербакова Е.В., Родионова Л.Я., Айрумян В.Ю., Пивень М.М. РФ Патент № 2553232. Способ получения пектинового экстракта из створки бобов сои. 2015.

49. Орлова А.М. Разработка технологии сахаросодержащих продуктов из картофеля для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий. Кандидатская диссертация, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. Орел, Россия. 2017. 19 с.
50. Павлова А.А., Смятская Ю.А. Рециклинг вторичного сырья масложирового производства // Научно-исследовательские публикации. 2022. № 4. С. 51-54.
51. Панченко С.Л., Яценко С.М. Исследование процесса замораживания вторичного сырья предприятий пищевой промышленности // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 2. С. 176-185.
52. Первушин В.В. Разработка технологии зернового батончика на основе автолизата пивных дрожжей. Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств. Москва, Россия. 2011. 24 с.
53. Перфилова О.В., Полякова К.С., Вахрушева О.Г., Ширяева И.В. Разработка нового ассортимента зефира с использованием вторичного сырья сокового производства // Наука и Образование. 2018. № 1. С. 55.
54. Перфилова О.В. Технологические особенности производства фруктового полуфабриката из вторичного сырья сокового производства // Вестник Мичуринского аграрного университета. 2017. № 11. С. 36-38.
55. Петрова А.С., Сейдалиева Э.Р. Производство пищевых добавок из вторичного сырья как одно из приоритетных направлений развития пищевой промышленности. В Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства: Материалы конференции. Макеевка: Донбасская аграрная академия. 2018. 251-254 с.
56. Петровская И.В., Корнева Т.В. Применение соевой муки для улучшения качества пшеничного хлеба. В Инновации в науке, образовании и бизнесе - основа эффективного развития АПК: Материалы конференции. Ростов-на Дону: Донской государственный аграрный университет. 2011. 273-275 с.
57. Причко Т.Г., Дрофичева Н.В., Микляев А.И., Горлов С.М. РФ Патент № 2687224. Биологически активная добавка из вторичного сырья сокового производства. 2019.
58. Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Серегина Н.В., Еремина О.Ю., Заикина М.А. РФ Патент № 2651287. Способ получения порошка из вторичного сырья от производства ячменного солода. 2018.
59. Радчиков В., Цай В., Горлов И., Сложенкина М. Вводим солодовые ростки в стартерный комбикорм // Животноводство России. 2022. № 2. С. 52-54.
60. Роганова Е.Е., Чалдаев П.А. Изучение возможности применения порошка из яблочных выжимок при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности. Современное хлебопекарное производство: перспективы развития: Материалы конференции, Екатеринбург: Изд-во Уральского экономического университета, 2015. 17-21 с.
61. Родионова Л.Я., Ольховатова Е.А., Степовой А.В. Технология безалкогольных и алкогольных напитков. 2021. 344 с.
62. Роципко Т.А., Ковалева Е.Г., Баракова Н.В. Получение функционального кондитерского изделия на основе ферментированной пивной дробины // Актуальная биотехнология. 2018. № 3. С. 533.
63. Самигулина Л.Р., Пономарев В.Я. Разработка рецептур мясных продуктов с использованием вторичного пищевого сырья // Международный академический вестник. 2018. № (1-1). С. 36-37.
64. Серба Е.М., Таджибова П.Ю., Римарева Л.В., Кривова А.Ю., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Кузнецова Н.А. Биотехнологические аспекты создания белково-полисахаридного обогатителя кормов на основе вторичного сырья пищевых производств // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № (3). С. 56-59.
65. Сидоренко Т.А. Получение биологически активных добавок из вторичного пищевого сырья на основе применения мембранной технологии // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2006. № (3). С. 887.

66. Смычагин Е.О., Мустафаев С.К. Разработка комплексной технологии переработки отходов масложирового производства // Научные труды. Кубанский государственный технологический университет. 2019. С. 24.
67. Степанова Е.Г., Рубан В.С. Получение пектинового порошка из яблочных выжимок с применением метода электротехнологии. Материалы конференции. Уфа, 2014. 166-168 с.
68. Тамова М.Ю., Барашкина Е.В., Журавлев Р.А. Детоксикационные свойства комбинированных пищевых волокон, полученных из вторичного сырья свеклосахарного производства // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № (5-6). С. 107-110.
69. Тарасов А.В., Козлов А.В., Разуваева Е.И. Пивные дрожжи как пищевая добавка // International Journal of Advanced Studies in Medicine and Biomedical Sciences. 2022. № (2). С. 73-85.
70. Тихонова А.Н., Агеева Н.М. Виноградные выжимки как сырье для производства пищевых волокон // Виноградарство и виноделие. 2019. № 48. С. 52-53.
71. Тохтиева Л.Х., Цугкиева В.Б. Использование пивных дрожжей в качестве улучшителей хлеба. Достижения науки – сельскому хозяйству: Материалы конференции. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет. 2016. 119-121 с.
72. Чурсина О.А., Ткаченко М.Г., Таран В.А., Максимовская В.А., Вьюгина М.А., Гришин Ю.В. Оценка отходов виноделия как вторичного сырья для производства пищевых продуктов с повышенной биологической активностью // Виноградарство и виноделие. 2014. № 2. С. 33-36.
73. Шалкарова А.К. Получение молочной кислоты при ферментации соевой мелассы. Альманах научных работ молодых учёных Университета ИТМО: Материалы конференции. СПб.: Университет ИТМО. 2018. 131-132 с.
74. Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю. Использование отходов перерабатывающих отраслей в животноводстве. Рециклинг отходов в агропромышленном комплексе: справочник. 2011.
75. Шердани А.Д. Инновационная пищевая свекловичная меласса. Новый горизонт рентабельности и экологичности сахарного производства // Сахарное производство. 2021. № 2. С. 20-22.
76. Янагисава М., Косеки Т., Йура А., Нисимура Т. РФ Патент № 2421006. Способ получения соевого молока из соевой муки и его применение. 2011.
77. Berezina N.A., Nikitin I.A., Terentiev S.E., Tryabas Y.A., Klokonos M.V. The use of secondary raw materials of food production for bakery flour mixtures // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. 2021. № 3.
78. Borycka B. Utylizacjawy branach produktow odpadowych rzemys luowocowo-warzywnego // Przem. ferment. owoc.-warz. 1999. № 11. pp. 38-40.
79. Mateos-Aparicio I., Redondo-Cuenca A., Villanueva-Suárez M.J. Pea pod, broad bean pod and okara, potential sources of functional compounds // LWT-rtFoodSci Technol. 2010. № (43). pp. 1467-1470.
80. Samofalova L.A., Berezina N.A., Safronova O.V., Kunitsyna T.O. The research of changes in biochemical parameters extracts of sprouting soybean and rapeseed seeds // IOP Conference Series: «Earth and Environmental Science. 2021. pp. 115-118.
81. Strati I.F., Gogou E., Oreopoulou V. Enzyme and high pressure assisted extraction of carotenoids from tomato waste // Food and Bioproducts Processing. 2015. № 94. pp. 668-674.
82. Vieira A.D.S., Bedani R., Albuquerque M.A.C., Biscola V., Saad S.M.I. The impact of fruit and soybean by-products and amaranth on the growth of probiotic and starter microorganisms // Food Res Int. 2017. № 97. pp. 356-363.

## Analysis of the current state of application of secondary plant raw materials in the food industry

### **Natalya A. Berezina**

Doctor of Technical Sciences  
Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina  
Orel, Russia  
berezina@orelsau.ru  
ORCID 0000-0001-7421-0332

### **Evgenia V. Khmeleva**

Candidate of Technical Sciences  
Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina  
Orel, Russia  
hmelevaev@bk.ru  
ORCID 0000-0002-3867-6992

Received 12.11.2022  
Accepted 12.01.2023  
Published 15.03.2023

UDC 664:502.174.1  
EDN AGCICW  
VAK 4.3.3. Food systems (engineering sciences)  
OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

### **Annotation**

Annually, more than 20 million tons of secondary raw materials are formed at food processing enterprises in Russia, which are practically not used by qualified personnel and in the bulk, exported to storage landfills, depending on the aggregate state. An indisputable factor in the need for the recycling of food production waste is that during processing, useful substances of the original raw materials pass into them, which can be used as feed additives, new sources of raw materials for the creation of innovative food products. Work in this direction is underway all over the world. The work is devoted to a modern brief overview of the use of secondary plant raw materials of food production in the food and processing industries. Since the purpose of this review is to identify the key aspects of the use of food waste, it is necessary to answer the following research questions: What types of waste are generated during the processing of plant raw materials? What methods of processing and use of secondary plant raw materials are considered by the existing literature? As part of the review of the subject area, 82 sources were selected from the RSCI, Scopus, Web of Science databases published in 2006-2022 and devoted to the characteristics of secondary raw materials of food production, methods of its processing and use as functional additives for the production of a wide range of food and functional feed additives. All sources are original research and review articles devoted to the use of secondary plant raw materials in processing industries in Russia and abroad. The presented review searches for studies published from 2006 to 2022. The bulk of the articles are presented by original research and review publications. In Russia and foreign countries, the problem of losing the possibility of using secondary raw materials as sources of functional additives is equally urgent. The types of food waste generated during the processing of plant raw materials are given. Methods and methods of processing and processing of secondary plant raw materials are considered, which allow improving the composition and consumer properties of traditional food products and obtaining new products with a given composition and properties. Waste from food production should be used as feed additives, as well as new alternative sources of raw materials for the creation of innovative food products of increased nutritional value and functional orientation.

### Keywords

food waste, secondary plant raw materials, processing of plant raw materials, new types of food raw materials, innovative food products.

The work was carried out at the expense of the federal budget within the framework of the state task «Development of biologically active food additives based on fruit, vegetable and medicinal plant raw materials» (FEEF-2023-0016, registration number 1023053100014-0-2.11.1).

### References

1. Abilov B.T., Kilpa A.V., Sinelshchikova I.A., Shakhanov V.A. Efficiency of using secondary raw materials of starch production in fattening fine-fleeced sheep // Collection of scientific papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Animal Husbandry and feed production. 2013. No. (6). pp. 11-15.
2. Alimkulov Zh.S., Velyamov M.T., Sarmankulov T.M., Zhumalieva T.M. Production of domestic compound feeds using non-traditional raw materials of processing and food industries // Bulletin of the Almaty Technological University. 2019. No. (4). pp. 34-37.
3. Antipov S.T., Shakhov S.V., Zhigulina M.O. Introduction of the principles of sustainable development of production of biodegradable packaging from secondary material resources of food production // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2014. No. (4). pp. 53-57.
4. Artemova E.N., Seregina N.V., Averina, E.Yu. Development and quality assessment of muesli with malt wheat germ // Technology and commodity science of innovative food products. 2021. No. (6). pp. 90-93.
5. Atakhanov Sh.N., Rakhimov U.Yu., Mallaboev O.T. Investigation of physico-chemical and bacteriological parameters of jam from jerusalem artichoke juice pomace // Storage and processing of agricultural raw materials. 2017. No. (6). pp. 36-38.
6. Baidina I.A., Kaledina M.V. Economic efficiency and use of malt sprouts in calves' diets // Actual issues of agricultural biology. 2021. No. (2). pp. 56-62.
7. Balanov P.E. Technology of fermentation production. 2013. 66 p.
8. Berezina N.A., Mazalova N.V., Tarasova A.V. Obtaining dietary fibers from secondary raw materials // The scientific journal of the ITMO Research University. The series "Processes and devices of food production". 2014. No. (1).
9. Berezina N.A., Mazalova N.V. Properties of dietary fibers from secondary raw materials of sugar beet and starch production // Food technology and technology: Science. Education. Progress. Innovations: Conference materials. The State University is an educational, scientific and production complex. Orel, Russia. 2014. pp. 105-110.
10. Bakin I.A., Mustafina A.S., Aleksenko L.A. RF Patent No. 2018610192. Certificate of registration of the computer program. Calculation of the nutritional value of enriched flour confectionery products with additives of secondary resources of fruit and berry raw materials. 2018.
11. Vashchilo V.S., Kazimirov E.A., Zemlyakova E.S. Secondary raw materials for the production of protein hydrolysates // Bulletin of modern research. 2017. No. 8. pp. 32-34.
12. Velyamov Sh.M., Dzhingilbayev S.S., Akteryan, S.G. Improving the process of processing plant raw materials in order to extract pectin on an extractor // News of science of Kazakhstan. 2018. No. (1). pp. 117-134.
13. Volkova G.S., Rimareva L.V., Arifullina L.R., Belekchi A.P. Bioconversion of secondary raw materials of alcohol production into protein feed additives // Promising enzyme preparations and biotechnological processes in food and feed technologies. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology. 2016. pp. 275-282.
14. Voronova I.V., Ignatieva N.L., Nemtseva E.Yu. The use of beer pellets as a source of protein in the diets of dairy cows // Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy. 2021. No. 1. pp. 42-46.
15. Gulyaeva T.I., Vlasova T.A. Improving the efficiency of sugar beet production. 2011. 235 p.

16. Droficheva N.V. The use of secondary raw materials of grape processing in the technology of production of functional food products // Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2021. No. 69. pp. 326-336.
17. Edygova S.N., Khatko Z.N. Influence of parameters of extraction of pectin substances from quince pomace on pectin quality indicators // Bulletin of the Maikop State Technological University. 2011. No. 4, pp. 50-53.
18. Eremina O.Yu., Seregina N.V. Comparative analysis of the biological value of malt wheat and barley sprouts // Technology and commodity science of innovative food products. 2022. No. 6. pp. 59-63.
19. Eremina O.Yu., Seregina N.V., Didenko E.Yu. Formation and evaluation of consumer properties of biscuits with the addition of malt wheat germ // Food industry. 2021. No. 2. pp. 34-42.
20. Zhitkov V.V., Fedorenko B.N., Bykov A.V. Nutritional properties of bread with the addition of beer pellets // Health, Food&Biotechnology. 2020. No. 4. pp. 81-88.
21. Zagolnikova E.V., Eremina O.Yu. Amino acid composition of malt wheat germ // Technology and commodity science of innovative food products. 2019. No. 1. pp. 68-71.
22. Zomiteva G.M., Eremina O.Yu., Borisova S.Yu., Zagolnikova E.V. Analysis of economic indicators of competitiveness of yoghurts enriched with wheat germ powder // Technology and commodity science of innovative food products. 2019. No. (5), pp. 118-123.
23. Zomiteva G.M., Vetrova O.N., Eremina O.Yu., Seregina N.V. Assessment of the competitive potential of soft cheese with the addition of fermented malt barley sprouts // Technology and commodity science of innovative food products. 2019. No. (1). pp. 106-110.
24. Ibragimova L.R., Islamov M.N., Salavatova K.Sh. Technology of production of food powders based on secondary raw materials. Improvement of technological processes in the food, chemical and processing industries. Rostov-on-Don: Don State Technical University. 2019. 73-77 p.
25. Ivanova V.N., Seregin S.N., Avarsky N.D. Production, processing, and storage of agricultural products, raw materials and food: goals and objectives, main development priorities // Food industry. 2017. No. (1), pp. 8-12.
26. Kalashnikov G.V., Korneeva O.S., Tolkacheva A.A., Chernyaev O.V. Development of resource-saving intensive technology for the production of instant dry products and recovery of secondary food raw materials. Modern tasks of engineering sciences: Materials of the symposium. Moscow: Moscow State University of Design and Technology. 2017. 129-134 p.
27. Kirieva T.V. Bread based on residual brewer's yeast. Izvestia of higher educational institutions // Food technology. 2008. No. 4. pp. 28-30.
28. Kiselev A.A., Sadygova M.K., Belova M.V., Galliullin A.A., Shishkina A.N. The use of secondary raw materials of the canning industry in the technology of sugary confectionery products // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2018. No. (6). pp. 176-181.
29. Korostyleva L.A., Parfenova T.V., Muravyeva O.O. The use of secondary raw materials in the production of kvass. Technologies and equipment of the chemical, biotechnological and food industries: Conference proceedings. Biysk: Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. 2015. 384-386 p.
30. Kulikov D.S., Kolpakova V.V., Ulanova R.V., Chumikina L.V., Bessonov V.V. Biological processing of pea grain and secondary raw materials of starch production with the production of food and feed protein concentrates // Biotechnology. 2020. No. (4). pp. 49-58.
31. Kupriyanov S.V., Abilov B.T. The effectiveness of feed additives from secondary raw materials of starch and dairy production in pig diets // Collection of scientific papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Animal Husbandry and feed production. 2011. No. 4-1. pp. 78-81.
32. Kustova I.A. Development of technology for new food products using extracts from secondary grape raw materials. PhD thesis, North Caucasus Scientific Research Institute of Horticulture and Viticulture. Krasnodar, 2016. 23 p.
33. Kutsakova V.E., Frolov S.V., Shkotova T.V., Marchenko V.I., Chichina T.V. A new technology for obtaining an autolysate with the properties of a mycotoxin sorbent from spent brewer's yeast // News of higher educational institutions. Food technology. 2014. No. (2-3). pp. 75-78.

34. Lavrova L.Yu., Lesnikova N.A., Bortsova E.L. The effect of mechanically activated beer pellets on the quality of bakery semi-finished products // Bread products. 2015. No. (10). pp. 50-51.
35. Levakhin Yu.I., Nurzhanov B.S., Polshina M.A. The effect of sunflower fusel, prepared using different technologies, on the digestibility of nutrients in diets and their metabolism in the body of lactating cows // Animal husbandry and dairy business. 2014. No. (3). pp. 76-79.
36. Lepshina A.I. Determination of the complexing ability of pectin from soybean bean flaps by reverse titration method // Young Scientist. 2015. No. (6). pp. 344-347.
37. Lesnikova N.A., Lavrova L.Yu., Bortsova E.L. The use of beer pellets in the production of gingerbread products // Bread products. 2015. No. (7). pp. 44-46.
38. Lisovaya E.V., Viktorova E.P., Sverdlichenko A.V., Kornen N.N. Secondary resources for processing tomatoes – valuable raw materials for the production of food ingredients // New technologies. 2021. No. (2). pp. 40-47.
39. Mazalova N.V. Development of technology and practical use of dietary fibers from dry desaccharified beet chips in the production of bakery products. PhD thesis, State University – educational, scientific and industrial complex. Orel, Russia. 2015. 16 p.
40. Martynets M.V., Mezenova N.Yu. Secondary vegetable raw materials as a source of biologically active substances in bakery products of increased nutritional value // Materials of the Baltic Sea Forum. 2019. Vol. 2. pp. 107-113.
41. Musagutov R.R. RF Patent No. 2278604. A method for obtaining juice from fruits and berries that have lost their presentation. 2006.
42. Murzagalieva D.V., Grigoryan L.F., Khramova V.N., Vasilyeva V.V., Shinkareva S.V., Knyazhechenko O.A. The use of secondary raw materials of brewing production in the technology of semi-smoked sausages. News of higher educational institutions. Food technology. 2019. No. (2-3). pp. 54-57.
43. Nekrasova Yu.O., Mezenova O.Ya. Modeling the formulation of bars for sports nutrition using recycled food raw materials.
83. Scientific support for technological development and increasing competitiveness in the food and processing industry: Conference materials. Moscow: V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems. 2020. 277-281 p.
44. Nekrylov N.M., Glotova I.A., Parfenova T.A. Biomass of residual brewer's yeast as a source of food and biologically active substances // Modern high-tech technologies. 2013. No. (8-2). pp. 319.
45. Nikiforova T.A., Khon I.A., Baykov, V.G. Rational use of secondary raw materials of cereal production // Bread products. 2014. No. 6. pp. 50-51.
46. Nikiforova T.A., Ponomarev S.G., Khon I.A., Leonova S.A. Rational use of secondary raw materials of cereal production // Bread products. 2022. No. 12. pp. 57-60.
47. Ozubekova A.N. Obtaining glycerin from the waste of sugar production of molasses. Into Modern technology: current issues, achievements and development trends: Conference proceedings. Ufa: Publishing House of Bashkir State University, 2019. 210-212 p.
48. Olkhovатов E.A., Shcherbakova E.V., Rodionova L.Ya., Ayrumyan V.Yu., Piven M.M. RF Patent No. 2553232. A method for obtaining pectin extract from the leaf of soybeans. 2015.
49. Orlova A.M. Development of technology of sugar-containing potato products for rye-wheat bakery products. PhD thesis, Oryol State University named after I.S. Turgenev. Orel, Russia. 2017. 19 p.
50. Pavlova A.A., Smyatskaya Yu.A. Recycling of secondary raw materials of fat-and-oil production // Scientific research publications. 2022. No. 4. pp. 51-54.
51. Panchenko S.L., Yashchenko S.M. Investigation of the freezing process of secondary raw materials of food industry enterprises // Storage and processing of agricultural raw materials. 2021. No. 2. pp. 176-185.
52. Pervushin V.V. Development of grain bar technology based on brewer's yeast autolysate. PhD thesis, Moscow State University of Food Production. Moscow, Russia. 2011. 24 p.

53. Perfilova O.V., Polyakova K.S., Vakhrusheva O.G., Shiryaeva I.V. Development of a new assortment of marshmallows using secondary raw materials of juice production // Science and Education. 2018. No. 1. p. 55.
54. Perfilova O.V. Technological features of the production of semi-finished fruit products from secondary raw materials of juice production // Bulletin of the Michurinsk Agrarian University. 2017. No. 11. pp. 36-38.
55. Petrova A.S., Seidalieva E.R. Production of food additives from secondary raw materials as one of the priority directions of the food industry development. The priority vectors of industrial and agricultural development: Conference materials. Makeyevka: Donbass Agrarian Academy. 2018. 251-254 p.
56. Petrovskaya I.V., Korneva T.V. The use of soy flour to improve the quality of wheat bread. Innovations in science, education and business are the basis for effective development of agriculture: Conference materials. Rostov-on-Don: Don State Agrarian University. 2011. 273-275 p.
57. Prichko T.G., Droficheva N.V., Miklyaev A.I., Gorlov S.M. RF Patent No. 2687224. A biologically active additive from secondary raw materials of juice production. 2019.
58. Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Seregina N.V., Eremina O.Yu., Zaikina M.A. RF Patent No. 2651287. A method for obtaining powder from secondary raw materials from the production of barley malt. 2018.
59. Radchikov V., Tsai V., Gorlov I., Slozhenkina M. Introducing malt sprouts into starter compound feed // Animal Husbandry of Russia. 2022. No. 2. p. 52-54.
60. Roganova E.E., Chaldae P.A. Studying the possibility of using apple pomace powder in the production of bakery products of increased nutritional value. Modern bakery production: development prospects: Conference materials, Yekaterinburg: Publishing House of the Ural University of Economics, 2015. 17-21 p.
61. Rodionova L.Ya., Olkhovatova E.A., Stepovoy A.V. Technology of non-alcoholic and alcoholic beverages. 2021. 344 p.
62. Roshchipko T.A., Kovaleva E.G., Barakova N.V. Obtaining a functional confectionery product based on fermented beer pellets // Actual biotechnology. 2018. No. 3. p. 533.
63. Samigulina L.R., Ponomarev V.Ya. Development of recipes for meat products using secondary food raw materials // International Academic Bulletin. 2018. No. (1-1). pp. 36-37.
64. Serba E.M., Tajibova P.Yu., Rimareva L.V., Krivova A.Yu., Overchenko M.B., Ignatova N.I., Kuznetsova N.A. Biotechnological aspects of creating a protein-polysaccharide forage concentrator based on secondary raw materials of food production // Bulletin of the Russian agricultural science. 2019. No. (3). pp. 56-59.
65. Sidorenko T.A. Obtaining biologically active additives from secondary food raw materials based on the use of membrane technology // Food and processing industry. An abstract journal. 2006. No. (3). p. 887.
66. Smychagin E.O., Mustafaev S.K. Development of an integrated technology for processing waste from fat-and-oil production // Scientific works. Kuban State Technological University. 2019. p. 24.
67. Stepanova E.G., Ruban V.S. Obtaining pectin powder from apple pomace using the method of electrotechnology. Conference materials. Ufa, 2014. 166-168 p.
68. Tamova M.Yu., Barashkina E.V., Zhuravlev R.A. Detoxification properties of combined dietary fibers obtained from secondary raw materials of sugar beet production // News of higher educational institutions. Food technology. 2019. No. (5-6). pp. 107-110.
69. Tarasov A.V., Kozlov A.V., Razuvaeva E.I. Brewer's yeast as a food additive // International Journal of Advanced Studies in Medicine and Biomedical Sciences. 2022. No. (2). pp. 73-85.
70. Tikhonova A.N., Ageeva N.M. Grape pomace as a raw material for the production of dietary fibers // Viticulture and winemaking. 2019. No. 48. pp. 52-53.
71. Tokhtieva L.H., Tsugkueva V.B. The use of brewer's yeast as bread improvers. Achievements of science in agriculture: Conference materials. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University. 2016. 119-121 p.
72. Chursina O.A., Tkachenko M.G., Taran V.A., Maksimovskaya V.A., Vyugina M.A., Grishin Yu.V. Assessment of winemaking waste as secondary raw materials for the production of food products with increased biological activity // Viticulture and winemaking. 2014. No. 2. pp. 33-36.

73. Shalkarova A.K. Production of lactic acid during fermentation of soy molasses. Almanac of scientific works of young scientists of ITMO University: Conference materials. St. Petersburg: ITMO University. 2018. 131-132 p.
74. Shvanskaya I.A., Konovalenko L.Y. The use of waste from processing industries in animal husbandry. Recycling of waste in the agro-industrial complex: a reference book. 2011.
75. Sherdani A.D. Innovative food beet molasses. A new horizon of profitability and environmental friendliness of sugar production // Sugar production. 2021. No. 2. pp. 20-22.
76. Yanagisawa M., Koseki T., Yura A., Nishimura T. RF Patent No. 2421006. The method of obtaining soy milk from soy flour and its application. 2011.
77. Berezina N.A., Nikitin I.A., Terentiev S.E., Tryabas Y.A., Klokonos M.V. The use of secondary raw materials of food production for bakery flour mixtures // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. 2021. № 3.
78. Borycka B. Utylizacjawy branych produktow odpadowych rzemys luowocowo-warzywnego // Przem. ferment. owoc.-warz. 1999. № 11. pp. 38-40.
79. Mateos-Aparicio I., Redondo-Cuenca A., Villanueva-Suárez M.J. Pea pod, broad bean pod and okara, potential sources of functional compounds // LWT-rtFoodSci Technol. 2010. № (43). pp. 1467-1470.
80. Samofalova L.A., Berezina N.A., Safronova O.V., Kunitsyna T.O. The research of changes in biochemical parameters extracts of sprouting soybean and rapeseed seeds // IOP Conference Series: «Earth and Environmental Science. 2021. pp. 115-118.
81. Strati I.F., Gogou E., Oreopoulou V. Enzyme and high pressure assisted extraction of carotenoids from tomato waste // Food and Bioproducts Processing. 2015. № 94. pp. 668-674.
82. Vieira A.D.S., Bedani R., Albuquerque M.A.C., Biscola V., Saad S.M.I. The impact of fruit and soybean by-products and amaranth on the growth of probiotic and starter microorganisms // Food Res Int. 2017. № 97. pp. 356-363.

**Методика риск-моделирования в бизнесе интегрированных корпоративных образований агропромышленного комплекса**

**Олег Михайлович Омельченко**

Кандидат экономических наук, доцент  
Российский биотехнологический университет  
Москва, Россия  
ol\_omelchenko@mail.ru  
ORCID 0009-0009-9122-0298

**Алексей Владимирович Лялин**

Президент Российского союза пекарей, управляющий  
Группа компаний «DeLavant»  
Владимир, Россия  
vladimirovich@mail.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 21.08.2022

Принята 14.12.2022

Опубликована 15.03.2023

УДК 658.155:631/635(075.8)

EDN AHNOZB

БАК 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)  
OECD 04.01.AH AGRICULTURE, MULTIDISCIPLINARY

**Annotation**

Современные геополитические вызовы и беспрецедентное санкционное давление вызывают острую и безотлагательную необходимость повышения эффективности функционирования отраслевых интегрированных корпоративных образований агропромышленного комплекса (АПК) путём применения практик постоянного совершенствования и качественного моделирования стратегии развития. Цель перспективной статьи – показать, что моделирование рисков инцидентов в бизнесе интегрированных корпоративных образований является одной из наиболее перспективных бизнес-практик, позволяющей даже без использования инструментов цифровой поддержки актуализировать стратегию компании. Результаты, полученные в ходе исследования, показывают, что существуют критерии установления взаимосвязи между параметрами моделирования бизнес-процессов на основе инцидентов и результатами в зависимости от учёта факторов влияния предлагаемой методологии. Было установлено, что эту взаимосвязь можно рассматривать как неотъемлемую часть практически всех базовых концепций и инструментов управления бизнес-процессами, что предлагаемая методология является «сквозной», «пересекающей» различные области моделирования инцидентов в менеджменте, создающей универсальный инструментальный набор для прогнозирования, моделирования рисков в связи с процессом VRM, который особенно актуален при моделировании процессов в интегрированных корпоративных структурах. Выводы, сделанные в ходе исследования, могут быть использованы для оптимизации управления изменениями при внедрении методов моделирования рисков в практику VRM, независимо от структуры и формы собственности организации.

**Keywords**

моделирование рисков инцидентов; интегрированные корпоративные образования АПК; управление бизнес-процессами, процесс; управление; VRM.

### **Введение**

Современные геополитические вызовы и беспрецедентное санкционное давление приводят к проблемам растущих затрат и агрессивной конкуренции за рынки, быстрого изменения технологий, изменению общих социальных запросов общества и вызывают острую и незамедлительную необходимость повышения эффективности функционирования отраслевых интегрированных корпоративных образований агропромышленного комплекса (АПК). Данный процесс возможно осуществить за счёт применения практик непрерывных улучшений и качественного моделирования стратегии развития (Омельченко, 2014). Интегрированные корпоративные образования АПК, работающие в этом тренде, стремятся использовать лучшие практики управления (Dumas, 2018; Fisher, 2016) и описывают конкуренцию за существующие и перспективные рынки как «непрерывную войну», где успех зависит от предвидения актуальных тенденций рынка и быстрого реагирования на меняющиеся потребности потребителей. Выводы авторов чрезвычайно актуальны, поскольку большинство отечественных компаний рынка FMCG уже вступили в период цифровой трансформации, которая должна обеспечить реализацию необходимых для поддержания эффективной системы менеджмента изменений в бизнесе. Непрерывное и всеобъемлющее моделирование изменений приведёт к фундаментальной трансформации не только локального интегрированного образования, но и всех отраслей АПК.

### **Материалы и методы исследования**

Актуальность предложенной методологии риск-моделирования бизнес-процессов неоспорима, так как инцидентное риск-моделирование в бизнесе интегрированных корпоративных образований является одной из наиболее перспективных бизнес-практик, которая позволяет даже без применения инструментария цифрового сопровождения актуализировать стратегию компании, что в отличие от классических техник управления бизнес-процессами и управления рисками не требует специальных знаний по структурированию элементов процесса и паспортизации риска и позволяет совместить практики BPM и стандартную технику управления рисками, переходить к медиации конкретных, выделенных в предлагаемой методике рисков, но с учётом чётких этапов конструирования процесса.

Чтобы эффективно управлять бизнес-процессами в современной интегрированной корпоративной структуре, необходимо сначала разобраться с понятием «процесс» (Омельченко, 2014). Менеджмент качества (QM) основывается на этом термине с начала XX века. Уже несколько десятилетий деловые организации идентифицируют, описывают и, в некоторых случаях, стандартизируют (ISO 9001, 22000 и т.д.) свои бизнес-процессы, адаптируясь к отраслевым спецификам. Концепции управления качеством, такие как «Всеобщее управление качеством» (TQM), Lean, «Шесть сигм» и другие, не рассматривают процессы как периферийную область (Омельченко & Капитонова, 2023) и это прослеживается в изученных нами трудах (Fischer, Marcus, Florian, Christian, Winkelmann, 2019), которые подразумевают, что профессионалы в области процессов могут недооценивать роль BPM в управлении процессом, полагая, что это может быть то же самое управление качеством.

Но мы считаем, что инцидентное риск-моделирование недостаточно описано в теории и инструментарии управления BPM применительно к АПК и практически никогда не стандартизируется в процесс управления бизнесом путём сертификации и часто не принимается во внимание при моделировании общей стратегии бизнес-направлений в АПК, создавая зависимость от уровня компетенций менеджмента. Нами предлагается эффективная и простая методика, состоящая из набора вариативных комбинаций (рисунок 1), содержащих элементы управления процессами Шухарта-Деминга (рисунок 2) и общие процессные концепции.



Рисунок 1. Визуализация компонентов модели риск-моделирования.

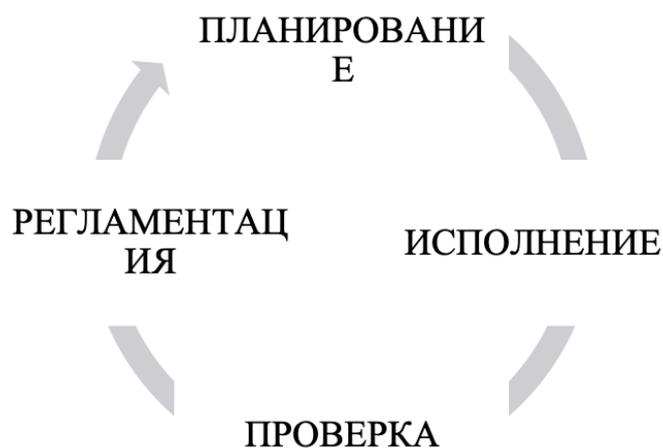


Рисунок 2. Визуализация компонентов бизнес-процесса риск-моделирования.

Истина большинства управленческих систем заключается в том, что они часто строятся не спирально, а наслаиваясь как коржи торта друг на друга, разделяя ключевые темы, которые не меняются на протяжении многих лет. Будь то TQM в 1980 году или реинжиниринг бизнес-процессов (BPR) в 1990 году или реализуемый в России NPM (2014), основной темой, объединяющей эти идеи управления, является концепция управления процессами для снижения издержек и увеличения продуктовой ценности.

Нами предложено внедрение спиральной методики с учётом особенности АПК, основанной на практике BPM и теориях процессного управления Шухарта-Деминга (рисунок 2), цикле Анри Файоля, в базе которой лежит проведение стресс-теста бизнеса (рисунок 3) и вариативное комбинирование данных процессных методик.



Рисунок 3. Проведение теста стресс-устойчивости.

При этом ключевыми выводами при создании сценариев стресс-устойчивости должны стать факторы, позволяющие определять формы инцидентного регулирования (рисунок 4).

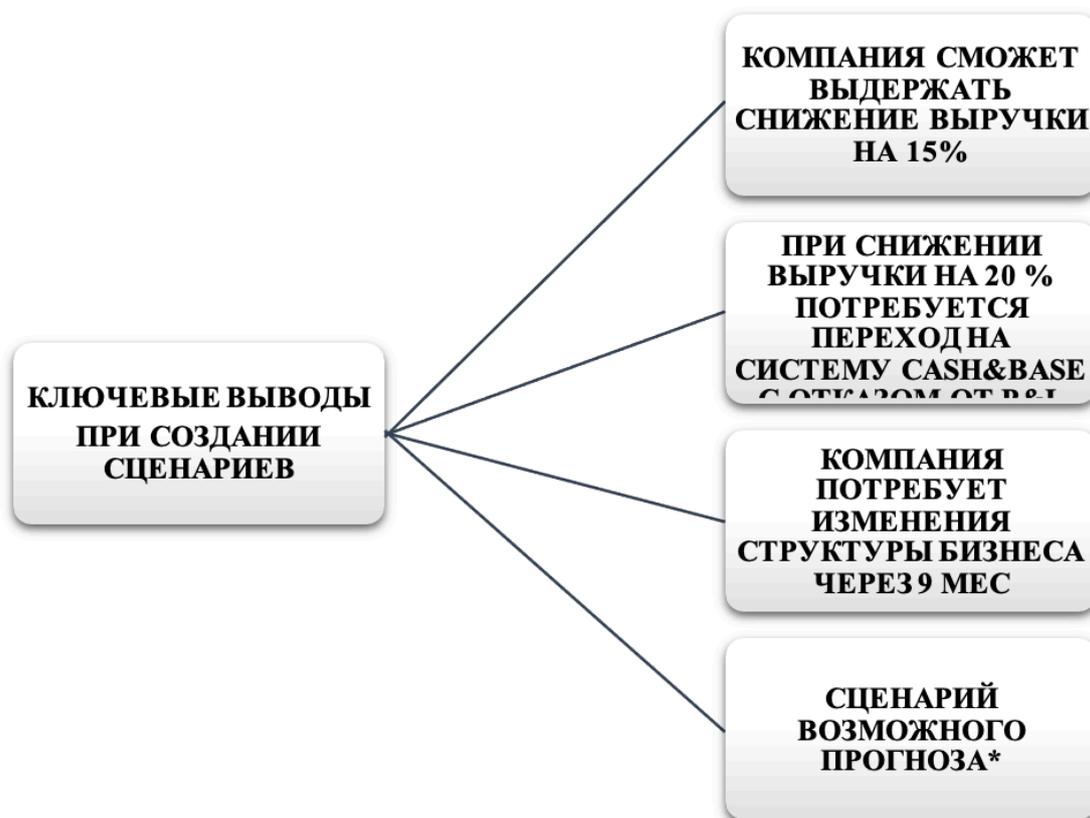


Рисунок 4. Варианты ключевых выводов создания сценариев

Моделирование и риск-моделирование при управлении бизнес-процессами до сих пор не воспринимается должным образом в бизнесе. Процесс по своей сути является динамичным (agile) элементом интеграции нескольких систем. Это не просто то, что должно быть спроектировано или перепроектировано, а та важная сложная организационная единица, которой необходимо управлять, а значит понимать вариативность влияния различных факторов. Бизнес-процесс – это набор всех видов деятельности организации, включая роли, ресурсы и правила, необходимые для производства и предоставления продукта или услуги внешним или внутренним пользователям (Dumas, 2018).

Учитывая динамичный характер бизнес-процесса, своевременное спиральное и цикличное моделирование, является необходимым условием для создания и поддержания долгосрочного конкурентного преимущества компании.

Предлагаемая нами методика позволяет создавать вариативность прогнозирования в различных направлениях влияния в бизнесе (рисунок 5).

## **\*ВАРИАНТЫ ВОЗМОЖНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ СЦЕНАРИИ СНИЖЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ CASH&BASE НА 20%**

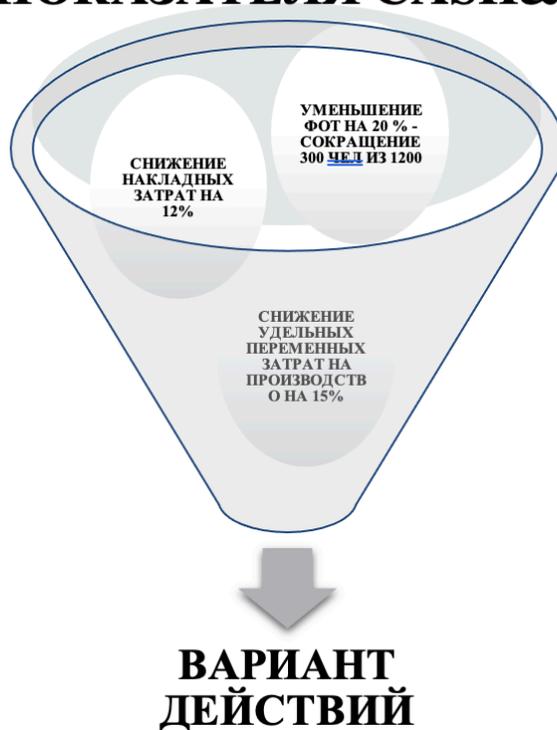


Рисунок 5. Вариативность запроса на моделирование инцидента.

Для моделирования нами предлагается простая композиционная методика – цепочка процессов, управляемая событиями, блоки IDEF0 и диаграммы вариативной деятельности, основанная на функциональном подходе, где главным структурообразующим элементом является функция (бизнес-функция, действие, операция). Система представляется в виде иерархии взаимосвязанных функций, состоящих из набора вариативных комбинаций. Схематически её можно описать, и не используя языковое моделирование, но понимая простую комбинацию набора действий, благодаря чему можно построить карту процесса.

### **Результаты и обсуждение**

Предлагаемая нами методика является важной частью BPM как инструмента управления, способного содействовать объективному бизнес-моделированию в организации. Эта методология

включает в себя проектирование (или перепроектирование) бизнес-логики организации, моделирование стадий её реализации, исполнение, управление, мониторинг и изменения, необходимые для удовлетворения потребностей клиентов в направлении всех ключевых составляющих бизнеса (рисунок 6). Другими словами, предлагаемая нами методика, в интеграции с BPM – это подход к управлению бизнес-процессами в АПК, который рассматривает функционирование организации как сеть взаимосвязанных, прогнозируемых и управляемых бизнес-процессов. Используя этот подход для повышения динамичности в постоянно меняющейся среде, компании интегрированного типа, стремящиеся к реализации эффективных рыночных механизмов управления компаниями, частично или полностью изменяют традиционные иерархические организационные структуры, фокусируясь на процессах (Fischer, 2019), в то время как традиционные организации создаются на основе отделов и функциональных ключевых департаментов.

В интеграции с BPM предлагаемая нами методика позиционирует подход к управлению организации как к системе процессов (Javidroozi, 2020), где бизнес-процессы являются основной единицей BPM.



Рисунок 6. Составляющие методики риск-моделирования.

Предлагаемая нами методика имеет прикладное значение для АПК и рассматривает варианты моделирования современных интегрированных отраслевых корпоративных образований в направлении оптимизации показателей экономики бизнеса (рисунок 7).



Рисунок 7. Направления моделирования.

Предлагаемые к моделированию при использовании методики сценарии учитывают наиболее полную и взаимозависимую многофакторную возможность процессного управления в АПК. Так, например, при прогнозировании параметров экономики в периоды высокой волатильности рынка и проявлений кризисных факторов считаем эффективным использование элементов факторного моделирования «Cash&Base», с высокой долей прогнозирования влияния факторов модели маркетинг-микса 7 P (рисунок 8), и модели SMART-оптимизации затрат (рисунок 9).

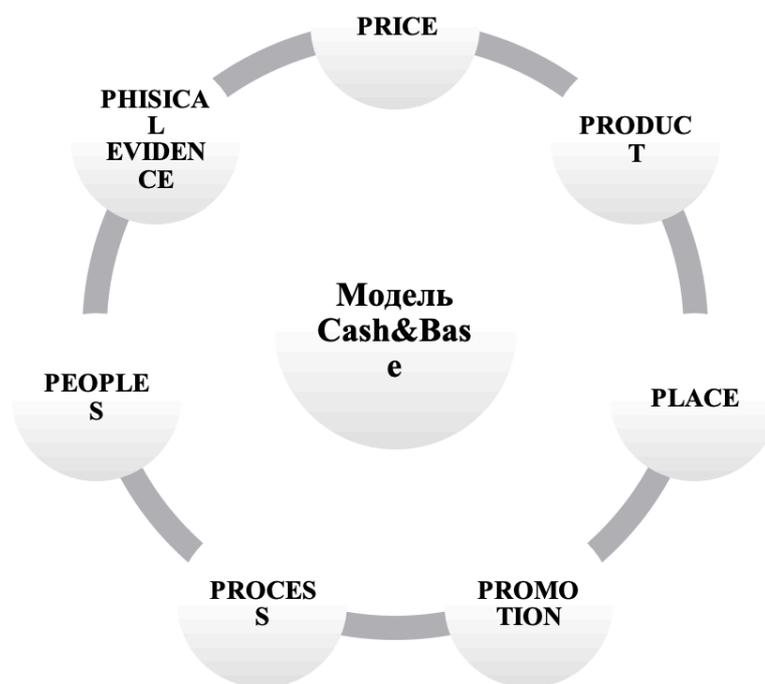


Рисунок 8. Использование элементов факторного моделирования «Cash&Base».

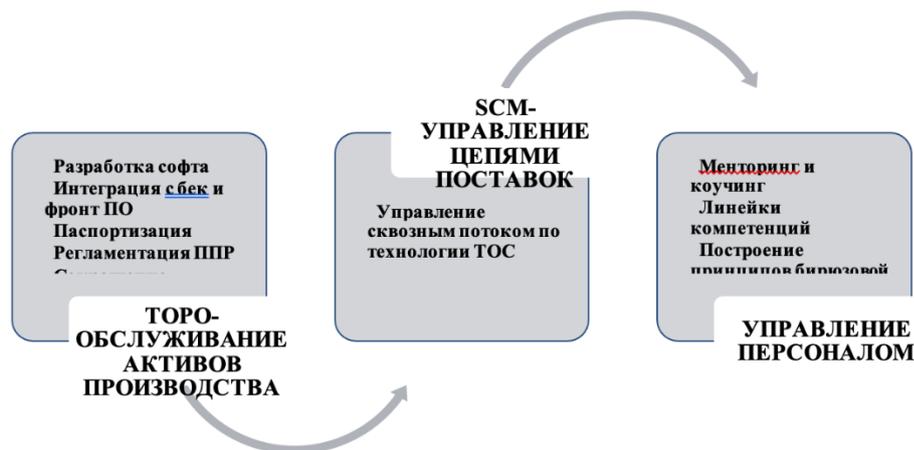


Рисунок 9. Модель SMART-оптимизации затрат.

Для практической реализации управления бизнес-процессами в рамках уже реализуемых изменений при создании риск-модели нами предлагается использование фактора определения «критических компетенций» (рисунок 10).



Рисунок 10. Критические компетенции.

Согласно предлагаемой нами методике, модель стратегического риск-прогноза должна фокусироваться на критических компетенциях, позволяющих защитить ядро бизнеса (рисунок 11).

<p><b>«Мы точно должны достигнуть»</b></p>	<p>самая конкурентная себестоимость -повышение эффективности набора персонала, обучение и адаптация низко затратной модели оплаты труда -коммерческая экспансия и удержание рынков, сохранение средней цены средней цены</p>
<p><b>«Не плохо бы иметь»</b></p>	<p>-Снижение издержек и повышение производительности -обеспечение «минимально допустимого» качества</p>
<p><b>Дифференцирующие компетенции и ресурсы</b></p>	<p>-инвестиции в достижение исключительного уровня организации производства и сокращения затрат -обеспечение качества, инновационности и производительности</p>

Рисунок 11. Определение критических компетенций.

Предлагаемая нами методика предусматривает моделирование в рамках концепции «эластичной организации» и соответствует продуманным действиям в отношении отдельных бизнес-направлений (рисунок 12), предусматривая действия менеджмента при принятии стратегических решений (рисунок 13).



Рисунок 12. Элементы моделирования критических компетенций бизнеса.



Рисунок 13. Элементы моделирования стратегических решений.

Важнейшим в данной методике является возможность предусматривать и моделировать действия с учётом критических компетенций в условиях кризиса в отношении главной составляющей организации – персонала (рисунок 14).

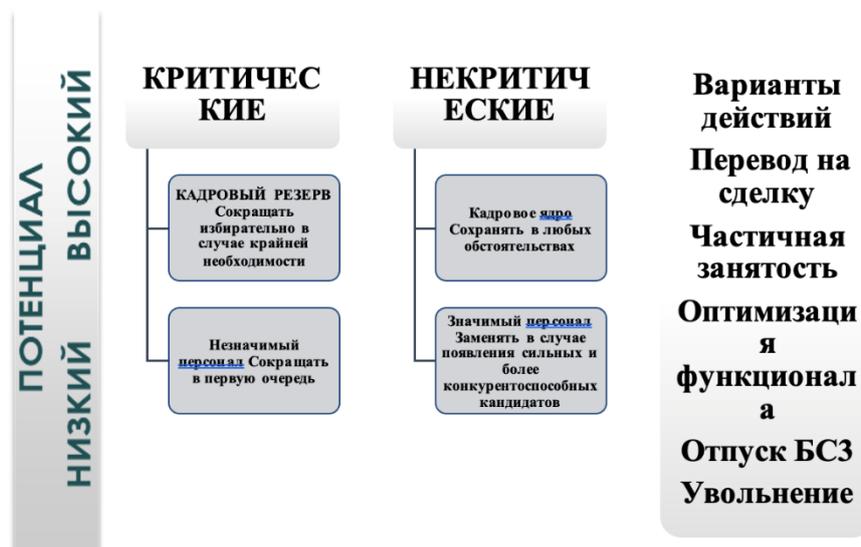


Рисунок 14. Элементы моделирования стратегических решений в части HR.

Предлагаемая нами методика фокусируется на все процессы в организации, и это в первую очередь основано на системном подходе к BPM, где цикл PDCA можно рассматривать как общую структуру BPM (Javidroozi, 2020). Для интегрированных корпоративных образований важно просмотреть портфель бизнес-направлений компании (рисунок 13), предусмотрев решение о времени отказа поддержки дотируемых направлений и сконцентрировавшись на жизнеспособных и таким образом создавая синергию концентрации ресурсов, развивать стратегические направления (рисунок 15).

Практическую часть реализации методике предлагается внедрять с применением инструментария RACI (рисунок 16), наделяя участников команды процесса не только функциональными обязанностями, но и возможностями. При назначении команды участников процесса важно сформировать процессно-незамкнутую форму обратной связи, позволяющую вносить в процесс стратегически важные триггеры влияния.

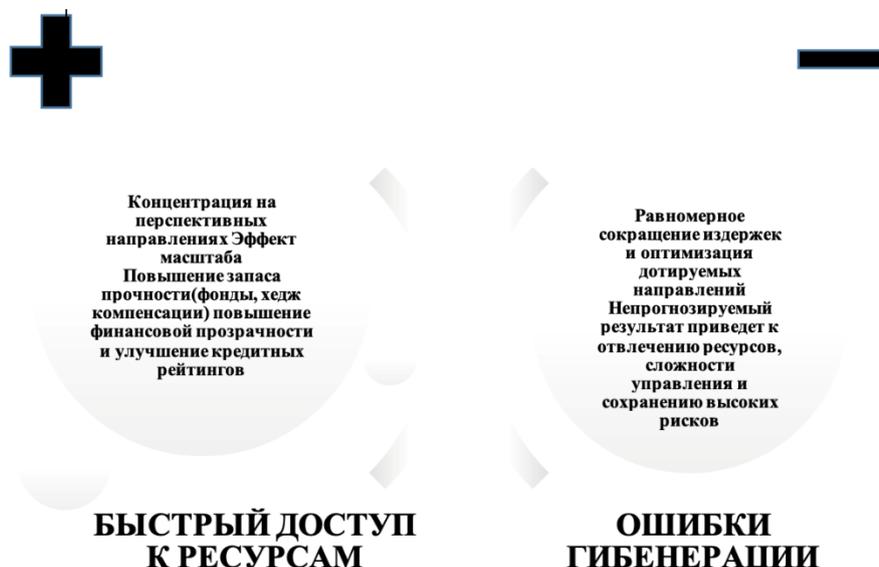


Рисунок 15. Возможности синергетического эффекта.



Рисунок 16. Элементы управления процессом RACI.

### Заключение

Изучение научных источников, рассмотренных в данной работе, позволило выявить актуальные идеи для будущих исследований по вопросам методологии прогнозирования и моделирования рисков. Рассмотренные определения и процессы помогают определять место предлагаемой методики в общем процессе BPM в контексте процессного управления, грамотно и функционально назначать команды проекта, детальнее планировать стратегию в условиях изменяющегося рынка.

Проведённое исследование позволяет сделать вывод, что предлагаемая методика моделирования бизнес-процессов может быть интегрирована в цифровую среду компании, например, в среду моделирования и управления ELMA: «Управление бизнесом по стандарту BPMN». Используя цифровые решения, команды процесса отработывают все этапы моделирования. Далее эти диаграммы загружаются в компьютерную систему и становятся исполнимыми. То есть программа позволяет отследить и проконтролировать исполнение бизнес-процессов в реальной практике работы предприятия. А формирование данных процесса на основе OLAP-моделирования в ИКО (для непроизводственных юнитов) и PROJECT EXPERT может быть осуществлено и в отсутствие цифровых ресурсов, при этом для мониторинга исполнения несложных процессов допустимо использовать принципы Канбан-детализации.

Предлагаемую нами методику можно назвать неотъемлемой частью практически всех концепций процессного управления. Проведенные исследования и сделанные выводы могут быть полезны для организаций, внедряющих системы процессного управления менеджмента с BPM в системы и инструменты менеджмента.

Вклад авторов: Омельченко О.М. – 80 %, Лялин А.В. – 20%.

### Список литературы

1. Омельченко О.М., Лялин А.В. Моделирование бизнес-процессов в интегрированных корпоративных образованиях агропромышленного комплекса на примере логистического склада // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: российский и зарубежный опыт. 2023. № 44(2). С. 17-24.

2. Омельченко О.М., Капитонова Ю.С. Установление многофакторных связей управления бизнес-процессами и процесса управления качеством в интегрированных корпоративных образованиях

в контексте цифровой трансформации // Вестник Московского финансово-юридического университета. 2023. № (1). С. 150-161.

3. Омельченко О.М., Богомолова И.П. Совершенствование системы управления в интегрированных структурах // Экономика и предпринимательство. 2013. № (12). С. 611-614.

4. Becker J., Kugeler M., Rosemann M. Process Management: A guide to business process design. Berlin: Springer. 2013. 339 p.

5. Fischer M., Florian I., Christian J., Axel W. Directions for future research on the integration of SOA, BPM, and BRM // Business Process Management Journal. 2019. № 25. ISSN. pp. 491-519.

6. Javidroozi V., Hanifa S., Gerald F. A system for dealing with business process changes in enterprise system integration // Journal of Business Process Management 26:463-88. J. Risk Financial Manag. 2020. №13. P. 225.

7. Kapitonova Yu., Vakulyuk V., Omelchenko O. Audit methodology for middle and lower-level managers of a transport company // E3S Web of Conferences. 2023. P. 376.

8. Marlon D., La Rosa M., Mendling J., Hajo A.R. Fundamentals of Business Process Management. Berlin: Springer. 2018. 527 p.

### **Methodology of risk modeling in the business of integrated corporate entities of the agro-industrial complex**

#### **Oleg M. Omelchenko**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Russian Biotechnological University

Moscow, Russia

ol\_omelchenko@mail.ru

ORCID 0009-0009-9122-0298

#### **Alexey V. Lyalin**

President of the Russian Union of Bakers, Managing Director

DeLavant Group of Companies

Vladimir, Russia

vladimirovich@mail.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 21.08.2022

Accepted 14.12.2022

Published 15.03.2023

UDC 658.155:631/635(075.8)

EDN AHNOZB

VAK 4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

OECD 04.01.AH AGRICULTURE, MULTIDISCIPLINARY

#### **Abstract**

Relevance. Modern geopolitical challenges, unprecedented sanctions pressure cause an acute and immediate need to improve the efficiency of functioning of sectoral integrated corporate entities of the agro-industrial complex (AIC) through the application of continuous improvement practices and qualitative modeling of development strategy. The purpose of the prospective article is to show that incident risk modeling in the business of integrated corporate entities is one of the most promising business practices that allows, even without the use of digital support tools, to actualize the company's strategy. Results. The results obtained in the

course of the study show that there are criteria for establishing the relationship between the parameters of incident-based modeling of business processes and the results depending on the consideration of the influence factors of the proposed methodology. It was found that this relationship can be considered as an integral part of almost all basic concepts and tools of business process management, that the proposed methodology is «through and through», «crossing» different areas of incident modeling in management, creating a universal check toolkit for forecasting, risk modeling in connection with the VRM process, which is especially relevant in modeling processes in integrated corporate entities. Conclusions. The conclusions made in the course of the research can be used to optimize change management when implementing incident risk modeling techniques in the practice of VRM, regardless of the structure and form of ownership of the organization.

### **Keywords**

incident risk modeling; integrated corporate entities; business process management; process; management, BPM.

### **References**

1. Omel'chenko O.M., Lyalin A.V. Modelirovanie biznes-processov v integrirovannykh korporativnykh obrazovaniyakh agropromyshlennogo kompleksa na primere logisticheskogo sklada // Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya ekonomiki: rossijskij i zarubezhnyj opyt. 2023. № 44(2). pp. 17-24.
2. Omel'chenko O.M., Kapitonova YU.S. Ustanovlenie mnogofaktornykh svyazey upravleniya biznes-processami i processa upravleniya kachestvom v integrirovannykh korporativnykh obrazovaniyakh v kontekste cifrovoj transformacii // Vestnik Moskovskogo finansovo-yuridicheskogo universiteta. 2023. № (1). P. 150-161.
3. Omel'chenko O.M., Bogomolova I.P. Sovershenstvovanie sistemy upravleniya v integrirovannykh strukturah // Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2013. № (12). pp. 611-614.
4. Becker J., Kugeler M., Rosemann M. Process Management: A guide to business process design. Berlin: Springer. 2013. 339 p.
5. Fischer M., Florian I., Christian J., Axel W. Directions for future research on the integration of SOA, BPM, and BRM // Business Process Management Journal. 2019. № 25. ISSN. pp. 491-519.
6. Javidroozi V., Hanifa S., Gerald F. A system for dealing with business process changes in enterprise system integration // Journal of Business Process Management 26:463-88. J. Risk Financial Manag. 2020. №13. P. 225.
7. Kapitonova Yu., Vakulyuk V., Omelchenko O. Audit methodology for middle and lower-level managers of a transport company // E3S Web of Conferences. 2023. P. 376.
8. Marlon D., La Rosa M., Mendling J., Hajo A.R. Fundamentals of Business Process Management. Berlin: Springer. 2018. 527 p.

## Динамический модуль термопластичных полимеров, перспективных для использования в оборудовании пищевой промышленности

**Владимир Петрович Тощевиков**

Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник  
Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук  
Санкт-Петербург, Россия  
toshchevnikov@macro.ru  
ORCID 0000-0002-0885-9958

Поступила в редакцию 07.10.2022

Принята 26.01.2023

Опубликована 15.03.2023

УДК 678.7:664.8

EDN AMOUGV

ВАК 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

### Аннотация

В последние годы особое внимание исследователей уделяется разработке термопластичных полимеров, имеющих широкие перспективы для использования в различных отраслях промышленности. В качестве примера можно привести полиэтилентерефталат, который широко используется при конструировании узловых элементов оборудования хлебопекарной промышленности. Этот полимер обладает более высокой несущей способностью и точностью при сухом скольжении, чем элементы из металлов, что открывает широкие перспективы его применения в оснащении пищевой промышленности. Для дальнейшего улучшения свойств и подбора параметров термопластичных полимеров при их использовании в конкретных приложениях необходимы теоретические подходы для описания и прогнозирования механических свойств этих материалов. В настоящей работе предложена теоретическая модель для описания важных механических характеристик – модуля накопления  $G'$  и модуля потерь  $G''$  термопластичных полимеров – в зависимости от структурных и молекулярных характеристик этих материалов.

### Ключевые слова

термопластичные полимеры, полиэтилентерефталат, механические свойства, оборудование для хлебопекарной промышленности.

### Введение

Одним из важных направлений современного материаловедения является создание новых материалов для различных практических применений. В частности, особый интерес представляет разработка и дальнейшая модификация термопластичных полимеров, имеющих широкие перспективы для использования в различных отраслях промышленности. В качестве примера можно привести полиэтилентерефталат (Alshammari, 2022), который широко применяется при создании различных элементов оборудования в пищевой промышленности, в том числе в хлебопекарной. Этот полимер обладает более высокой несущей способностью и точностью при сухом скольжении, чем элементы из металла, и имеет допуск на применение в контакте с питьевой водой. Материалы на основе полиэтилентерефталата (например ZEDEX-100K PET) используются при конструировании толкателей на линии производства печенья, направляющих скольжения на производстве хлебобулочных изделий, втулок подшипников в миксерах для теста и других элементов конструкций в оборудовании

хлебопекарной промышленности. Кроме того, этот полимер широко применяется при производстве различной упаковки для продукции пищевой промышленности.

В силу широкого применения полиэтилентерефталата в различных отраслях промышленности и дальнейших перспектив его модификации для практических приложений, этот полимер остаётся в настоящее время объектом научных исследований (Barber, 2017; Burgess, 2014; Dubrovsk, 2018; Doy, 1986; Ferri, 1980; Guerrica-Echevarria, 2006; Gottlieb, 2001; Gittes, 1998). В частности, в экспериментальных работах проводились исследования механических характеристик, таких как модуль накопления  $G'$  и модуль потерь  $G''$  этого полимера и композитов на его основе, в зависимости от структуры и состава этих материалов. Было показано, что при наполнении полиэтилентерефталата стеклянными волокнами и углеродными нанотрубками наблюдается повышение прочности и модулей упругости композитов при растяжении и изгибе, а также динамического модуля, сдвига в широком интервале температур.

Для дальнейших разработок термопластичных полимеров с целью улучшения и подбора их механических свойств для конкретных практических приложений необходимо иметь теоретические подходы, объясняющие экспериментальные данные и предсказывающие свойства этих полимеров в зависимости от их структуры. Целью настоящей работы являлось развитие теории механических свойств термопластичных полимеров, которая позволяет рассчитать  $G'$  и  $G''$  в зависимости от молекулярной структуры этих полимеров.

### Материалы и методы изучения

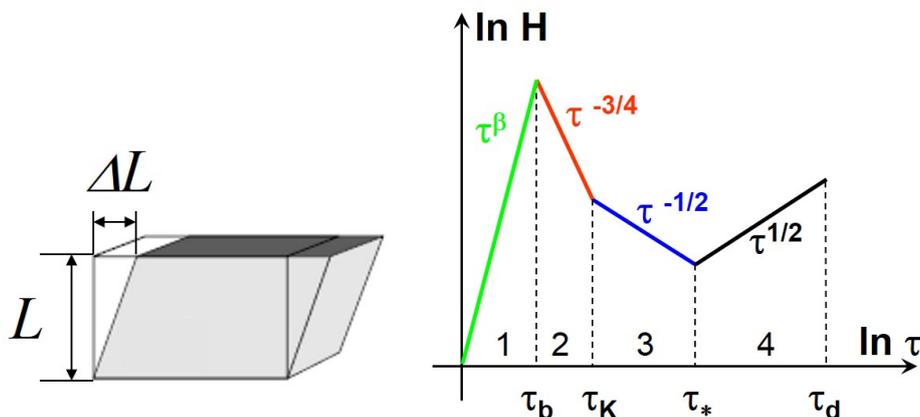
Одними из важных механических характеристик полимерных материалов, измеряемых в эксперименте, являются модуль накопления  $G'$  и модуль потерь  $G''$ . Эти величины определяют отклик материала на осциллирующую деформацию сдвига  $\Delta L / L \sim \exp[i\omega t]$ , где  $\Delta L$  – смещение плоскости сдвига (рисунок 1а),  $L$  – толщина образца,  $\omega$  – угловая частота осцилляций,  $t$  – время. В области линейного отклика ( $\Delta L / L \ll 1$ ) возникающее механическое напряжение сдвига  $\sigma$  пропорционально относительной деформации  $\Delta L / L$ , а коэффициент пропорциональности определяется динамическими модулями  $G'$  и  $G''$  (Gottlieb, 1986; Imai, 2002; Morse, 1998; Pesetsky, 2020):

$$\sigma = (G' + iG'') \cdot \Delta L / L . \quad (1)$$

Модуль накопления и модуль потерь зависят от частоты осцилляций:  $G'(\omega)$  и  $G''(\omega)$ , а также от температуры.

Для описания частотных и температурных зависимостей  $G'$  и  $G''$  в настоящей работе предложена математическая модель, в которой используется функция плотности времен релаксации  $H(\tau)$ . Как известно, модуль накопления и модуль потерь представляются с помощью  $H(\tau)$  в следующем виде:

$$G'(\omega) = \int_0^{\infty} d \ln \tau H(\tau) \frac{(\omega\tau)^2}{1 + (\omega\tau)^2} \quad \text{и} \quad G''(\omega) = \int_0^{\infty} d \ln \tau H(\tau) \frac{\omega\tau}{1 + (\omega\tau)^2} , \quad (2)$$



а) б)  
Рисунок 1. Деформация сдвига (а). Схематическое изображение функции плотности времен релаксации  $H(\tau)$  в двойном логарифмическом масштабе (б).

где интегрирование ведется по всем временам релаксации  $\tau$  молекулярной системы. Для построения функции  $H(\tau)$  в настоящей работе использовались асимптотические уравнения для динамических модулей, соответствующие различным характерным масштабам сегментальной подвижности в полимерных цепях. Схематически зависимость  $H(\tau)$  в двойном логарифмическом масштабе представлена на рисунке 1б.

В области коротких времен  $\tau < \tau_b$  движение полимерных цепей носит характер малых колебаний, что соответствует типичным движениям в области стеклообразного состояния. Здесь  $\tau_b$  – максимальное время для таких движений, соответствующее характерным колебаниям химических связей (bonds). В области стеклообразного состояния временные зависимости механического напряжения описываются дробно-экспоненциальной функцией [10, 14-16]:  $\sigma(t) \sim \exp[-(t/\tau_b)^\beta]$ , где  $\beta$  – показатель степени дробной экспоненты ( $0 < \beta < 1$ ). При малых временах:  $\exp[-(t/\tau_b)^\beta] \approx 1 - (t/\tau_b)^\beta$ , что соответствует степенной зависимости функции плотности времен релаксации, используемой в настоящей работе:  $H(\tau) \sim \tau^\beta$  при  $\tau < \tau_b$  (рисунок 1б).

В области времен  $\tau > \tau_b$  проявляются характерные движения, типичные для полимерных молекул, отвечающие объединению атомов в единую полимерную цепь. При временах  $\tau_b < \tau < \tau_K$  проявляется жесткость полимерных цепей на изгиб, что приводит к степенной зависимости функции плотности времен релаксации с показателем  $-3/4$  [13, 17, 18]:  $H(\tau) \sim \tau^{-3/4}$ . Максимальное время для этой области отвечает характерному времени для сегмента Куна макромолекулы  $\tau_K$ . Используя непрерывность  $H(\tau)$  в окрестности характерного времени  $\tau_b$ , уравнение для  $H(\tau)$  можно записать в виде:

$$H(\tau) = H_{\max} (\tau / \tau_b)^\beta \text{ при } \tau \leq \tau_b, \quad (3)$$

$$H(\tau) = H_{\max} (\tau / \tau_b)^{-3/4} \text{ при } \tau_b \leq \tau \leq \tau_K. \quad (4)$$

Здесь  $H_{\max}$  – максимальное значение функции плотности времен релаксации (рисунок 1б).

Область времен  $\tau > \tau_K$  отвечает достаточно длинным масштабам движения, для которых выполняется гауссова статистика фрагментов цепей. В этой области  $H(\tau) \sim \tau^{-1/2}$ , что соответствует известному результату в рамках модели гауссовых субцепей Каргина-Слонимского-Рауза. С учётом непрерывности  $H(\tau)$  в окрестности характерного времени  $\tau_K$ , уравнение для  $H(\tau)$  в третьей области времен можно записать в виде:

$$H(\tau) = H_{\max} (\tau_K / \tau_b)^{-3/4} (\tau / \tau_K)^{-1/2} \text{ при } \tau_K \leq \tau \leq \tau_*. \quad (5)$$

Максимальное время третьей области времен  $\tau_*$  определяется молекулярной массой макромолекул полимера  $M$ . Отметим, что введённые выше параметры модели  $H_{\max}$ ,  $\tau_b$ , и  $\tau_K$  не зависят от молекулярной массы полимера, а определяются локальной структурой макромолекул. Значение  $\tau_*$  и последующая длинномасштабная молекулярная динамика определяются соотношением между  $M$ , молекулярной массой сегмента Куна  $M_K$  и молекулярной массой фрагмента цепи между ближайшими топологическими зацеплениями  $M_e$ . Величины  $M_K$  и  $M_e$  определены экспериментально для многих полимеров и внесены в табличные данные.

Для достаточно коротких макромолекул ( $M < M_e$ ) топологические зацепления не проявляются, и время  $\tau_*$  соответствует максимальному времени полимерной цепи  $\tau_R$  в рамках модели Каргина-Слонимского-Рауза:

$$\tau_* = \tau_R \equiv \tau_K (M / M_K)^2 \text{ при } M < M_e. \quad (6)$$

В этом случае более длинные времена отсутствуют, и функция плотности равна нулю для более длинных времен:

$$H(\tau) = 0 \text{ при } \tau > \tau_* \text{ (для } M < M_e \text{)}. \quad (7)$$

Топологические зацепления проявляют существенное влияние на свойства полимера, состоящего из достаточно длинных макромолекул с  $M > M_e$ . В этом случае подвижность полимерных цепей соответствует так называемому репационному режиму выхода макромолекул из топологических зацеплений. Характерное время выхода макромолекул из топологических зацеплений  $\tau_d$  согласно модели «трубки» Дои-Эдвардса пропорционально кубической степени молекулярной массы полимера:

$$\tau_d = \tau_e (M / M_e)^3 \text{ при } M > M_e, \quad (8)$$

где  $\tau_e$  – характерное время фрагмента полимерной цепи между ближайшими зацеплениями [11]:

$$\tau_e = \tau_K (M_e / M_K)^2. \quad (9)$$

Для репационного режима функция плотности времен релаксации подчиняется степенной асимптотической зависимости с показателем  $1/2$  (1970):

$$H(\tau) = G_e (\tau / \tau_d)^{1/2} \text{ при } \tau_* \leq \tau \leq \tau_d \text{ (для } M > M_e \text{)}, \quad (10)$$

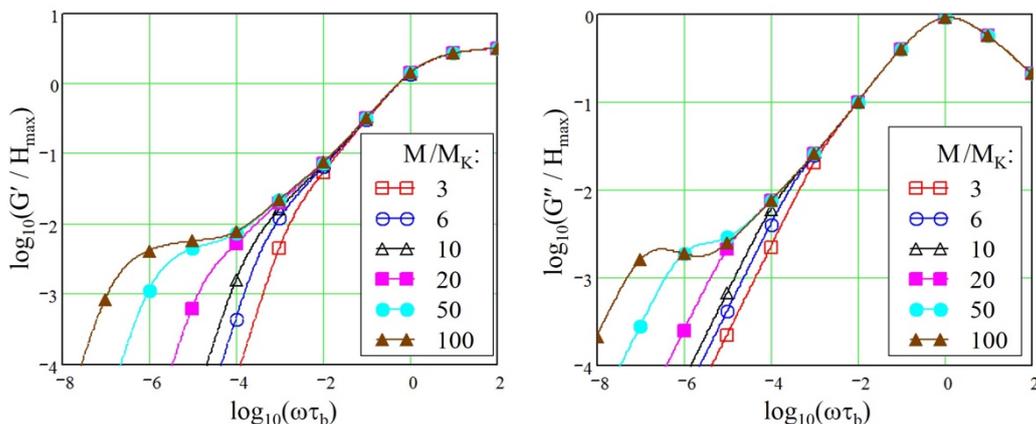
где  $G_e$  – модуль сдвига сетки из топологических зацеплений, который можно оценить из значения  $H(\tau)$  в окрестности времени  $\tau_e$ :  $G_e \cong H_{\max} (\tau_K / \tau_b)^{-3/4} (\tau_e / \tau_K)^{-1/2}$ . Время перехода  $\tau_*$  между третьим и четвертым режимом можно найти из уравнений (5) и (10) с учётом непрерывности функции  $H(\tau)$  в окрестности времени  $\tau_*$ :

$$\tau_* = (\tau_e \tau_d)^{1/2} \text{ при } M > M_e. \quad (11)$$

После выхода макромолекул из топологических зацеплений релаксация механического напряжения завершается, поэтому  $H(\tau) = 0$  при  $\tau > \tau_d$  (для  $M > M_e$ ).

Таким образом, соотношения (2)-(11) определяют частотные зависимости модуля накопления  $G'$  и модуля потерь  $G''$ , как функции молекулярных характеристик полимера.

Отметим, что предложенная выше модель учитывает все возможные режимы подвижности макромолекул, которые в предыдущих теоретических исследованиях рассматривались отдельно. В следующем разделе представлены результаты численного расчета  $G'$  и  $G''$  с использованием уравнений (2)-(11).



а)

б)

Рисунок 2. Частотные зависимости модуля накопления  $G'$  (а) и модуля потерь  $G''$  (б) в двойном логарифмическом масштабе при варьировании параметра  $M/M_K$  и при следующих значениях параметров:  $\tau_K/\tau_b = 100$ ,  $\beta = 0.5$ ,  $M_e/M_K = 10$ .

### Результаты и их обсуждение

На рисунках 2а и 2б представлены частотные зависимости  $G'$  и  $G''$  в двойном логарифмическом масштабе при варьировании параметра  $M/M_K$ , который определяет влияние молекулярной массы полимера на его механические свойства. Значение параметра  $M_e/M_K$  выбрано в области значений, характерной для многих полимеров:  $M_e/M_K = 10$ . Значения характерных времен  $\tau_b$  и  $\tau_K$  могут отличаться на несколько порядков (Zhang, 2017), поэтому было выбрано характерное значение  $\tau_K/\tau_b = 100$ .

Из рисунков 2а и 2б видно, что при  $M < M_e$  динамические модули  $G'$  и  $G''$  монотонно возрастают при увеличении частоты в области  $\omega\tau_b < 1$ , при этом модуль потерь имеет максимум в окрестности значений  $\omega\tau_b = 1$ . В то же время, при  $M > M_e$  на частотной зависимости  $G'$  появляется плато в области  $\omega\tau_b < 1$ , а  $G''$  ведет себя немонотонно при изменении частоты в области  $\omega\tau_b < 1$  с появлением дополнительного низкочастотного максимума. Этот результат иллюстрирует типичное поведение в области репационного движения, наблюдаемое экспериментально. С другой стороны, при высоких частотах величины  $G'$  и  $G''$  не зависят от молекулярной массы, поскольку эти частоты отвечают локальной подвижности макромолекул. Таким образом, разработанная теоретическая модель позволяет рассчитать  $G'$  и  $G''$  в широкой области частот с учётом всех возможных режимов молекулярной подвижности полимеров.

Важно отметить, что в рамках разработанной модели  $G'$  и  $G''$  зависят от безразмерного параметра  $\omega\tau_b$ . Известно, что характерные времена релаксации полимеров уменьшаются с ростом температуры. Поскольку время релаксации  $\tau_b$  уменьшается с ростом температуры, то это позволяет сделать выводы о температурных зависимостях  $G'$  и  $G''$ , получаемых экспериментально при фиксированной частоте. С использованием рисунков 2а и 2б можно увидеть, что  $G'$  и  $G''$  должны уменьшаться при увеличении температуры (т.е. при уменьшении  $\omega\tau_b$ ) с проявлением плато  $G'$  и дополнительного максимума  $G''$ , что соответствует репационной подвижности. Эти результаты находятся в согласии с экспериментальными наблюдениями.

### Заключение

Разработана теория механических свойств полимеров, позволяющая рассчитывать частотные и температурные зависимости модуля накопления  $G'$  и модуля потерь  $G''$  в широких диапазонах частот и температур в зависимости от молекулярных характеристик полимера. Результаты теоретических расчётов на основании разработанной модели находятся в согласии с имеющимися экспериментальными данными. Это открывает перспективы использования разработанной теории для прогнозирования свойств термопластичных полимеров, имеющих широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе для конструирования узловых элементов в оборудовании пищевой промышленности.

### Список литературы

1. Alshammari B.A., Hossein M., Alenad A., Alharbi A.G., Al Otaibi B.M. // Polymers. 2022. No. 14. P. 1718.

2. Barber N.A. Polyethylene terephthalate: use, properties and decomposition // Polymer science and technology. Ed.: Nova Science Publishers, Incorporated, 2017. P. 211. ISBN: 1536120146, 9781536120141.
3. Burgess S.K., Leisen J.E., Kraftschik B.E., Mubarak C.L.R., Kriegel R.M., J. Koros V. // *Macromolecules* 2014. No. 47 (4). pp. 1383-1391.
4. Doy M., Edwards S.F. Theory of polymer dynamics. Clarendon, Oxford, 1986. p. 391.
5. Dubrovsky V.V., Shapovalov V.A., Aderikha V.N., Pesetsky S.S. *Materials today // Communications*. 2018. No. 17. pp. 15-23.
6. Ferri J. Viscoelastic properties of polymers. 3rd ed., New York: Wiley. 1980. 641 p.
7. Guerrica-Echevarria G., Eguiazabal J.I., Nazabal J. *Polymer engineering and science // ResearchGate*. 2006. No. 46 (2). pp. 172-180.
8. Gottlieb Yu.Ya., Toshchevnikov V.P. *High-molecular compounds // Ser. A*. 2001. No. 43 (5). pp. 833-843.
9. Gittes F., McKintosh F.K. *Physical Review E*. 1998. No. 58. R1241-R1244.
10. Gottlieb Yu.Ya., Darinsky A.A., Svetlov Yu.E. *Physical kinetics of macromolecules. L.: Chemistry*, 1986. 271 p.
11. Imai Y., Nishimura S., Abe E., Tateyama H., Abiko A., Yamaguchi A., Aoyama T., Taguchi H. *Chemistry of materials // ReserchGate*. 2002, No. 14 (2). pp. 477-479.
12. Morse D.K. *Macromolecules* 1998. T. 31. pp. 7044-7067.
13. Panovich R., Konarzewski M., Durejko T., Sala M., Lazinska M., Czerwinska M., Prasula P. // *Materials*. 2021. No. 14. P. 3833.
14. Pesetsky S.S., Dubrovsky V.V., Makarenko O.A. // *Reports of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2020. No. 64 (1). pp. 103-110.
15. Rubinstein M., Colby R.H. *Physics of polymers*. Oxford University Press, Oxford. 2003. 454 p.
16. Safyannikova M., Toshchevnikov V., Gazuz I., Petri F., Westermann S., Heinrich G. *Macromolecules*. 2014. No. 47 (14). pp. 4813-4823.
17. Shore J., Zwanzig R. *Chem J. // Phys*. 1975. T. 63. pp. 5445-5458.
18. Toshchevnikov V., Smirnova V., Yudin V., Svetlichny V. *Macromolecular symposiums*. 2012. No. 316. pp. 83-89.
19. Williams G., Watts D. *Transl. Faraday Soc*. 1970, T. 66. pp. 80-85.
20. Zhang J.M., Hua C., Reynolds C.T., Zhao Y., Dai Z., Bilotti E., Tang J., Pace T. // *International Journal of Polymer Science*. 2017. No. 2781425. P. 10.

### **Dynamic modulus of thermoplastic polymers, promising for use in food industry equipment**

**Vladimir P. Toshchevnikov**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher  
Institute of Macromolecular Compounds of the Russian Academy of Sciences  
Saint-Petersburg, Russia  
toshchevnikov@macro.ru  
ORCID 0000-0002-0885-9958

Received 07.10.2022

Accepted 26.01.2023

Published 15.03.2023

UDC 678.7:664.8

EDN AMOUGV

VAK 4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

### Annotation

In recent years, special attention of researchers has been paid to the development of thermoplastic polymers, which have broad prospects for use in various industries. An example is polyethylene terephthalate, which is widely used in the design of key elements of equipment in the baking industry. This polymer has a higher load-bearing capacity and precision during dry sliding than metal elements, which opens up broad prospects for its use in food industry equipment. To further improve the properties and select the parameters of thermoplastic polymers when used in specific applications, theoretical approaches are needed to describe and predict the mechanical properties of these materials. This work proposes a theoretical model to describe the important mechanical properties – storage modulus  $G'$  and loss modulus  $G''$  of thermoplastic polymers depending on the structural and molecular characteristics of these materials.

### Keywords

thermoplastic polymers, polyethylene terephthalate, mechanical properties, equipment for the baking industry.

### References

1. Alshammari B.A., Hossein M., Alenad A., Alharbi A.G., Al Otaibi B.M. // *Polymers*. 2022. No. 14. P. 1718.
2. Barber N.A. Polyethylene terephthalate: use, properties and decomposition // *Polymer science and technology*. Ed.: Nova Science Publishers, Incorporated, 2017. P. 211. ISBN: 1536120146, 9781536120141.
3. Burgess S.K., Leisen J.E., Kraftschik B.E., Mubarak C.L.R., Kriegel R.M., J. Koros V. // *Macromolecules* 2014. No. 47 (4). pp. 1383-1391.
4. Doy M., Edwards S.F. *Theory of polymer dynamics*. Clarendon, Oxford, 1986. p. 391.
5. Dubrovsky V.V., Shapovalov V.A., Aderikha V.N., Pesetsky S.S. *Materials today* // *Communications*. 2018. No. 17. pp. 15-23.
6. Ferri J. *Viscoelastic properties of polymers*. 3rd ed., New York: Wiley. 1980. 641 p.
7. Guerrica-Echevarria G., Eguiazabal J.I., Nazabal J. *Polymer engineering and science* // *ResearchGate*. 2006. No. 46 (2). pp. 172-180.
8. Gottlieb Yu.Ya., Toshchevnikov V.P. *High-molecular compounds* // *Ser. A*. 2001. No. 43 (5). pp. 833-843.
9. Gittes F., McKintosh F.K. *Physical Review E*. 1998. No. 58. R1241-R1244.
10. Gottlieb Yu.Ya., Darinsky A.A., Svetlov Yu.E. *Physical kinetics of macromolecules*. L.: Chemistry, 1986. 271 p.
11. Imai Y., Nishimura S., Abe E., Tateyama H., Abiko A., Yamaguchi A., Aoyama T., Taguchi H. *Chemistry of materials* // *ReserchGate*. 2002, No. 14 (2). pp. 477-479.
12. Morse D.K. *Macromolecules* 1998. T. 31. pp. 7044-7067.
13. Panovich R., Konarzewski M., Durejko T., Sala M., Lazinska M., Czerwinska M., Prasula P. // *Materials*. 2021. No. 14. P. 3833.
14. Pesetsky S.S., Dubrovsky V.V., Makarenko O.A. // *Reports of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2020. No. 64 (1). pp. 103-110.
15. Rubinstein M., Colby R.H. *Physics of polymers*. Oxford University Press, Oxford. 2003. 454 p.
16. Safyannikova M., Toshchevnikov V., Gazuz I., Petri F., Westermann S., Heinrich G. *Macromolecules*. 2014. No. 47 (14). pp. 4813-4823.
17. Shore J., Zwanzig R. *Chem J.* // *Phys*. 1975. T. 63. pp. 5445-5458.

18. Toshchevnikov V., Smirnova V., Yudin V., Svetlichny V. Macromolecular symposiums. 2012. No. 316. pp. 83–89.
19. Williams G., Watts D. Transl. Faraday Soc. 1970, T. 66. pp. 80-85.
20. Zhang J.M., Hua C., Reynolds C.T., Zhao Y., Dai Z., Bilotti E., Tang J., Pace T. // International Journal of Polymer Science. 2017. No. 2781425. P. 10.

**Микробиологическая безопасность хлеба из цельнозерновой муки ремесленного изготовления**

**Наталья Анатольевна Шмалько**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
anatolievna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Наталья Викторовна Мацакова**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
viktorovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Стелла Владимировна Демченко**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
vladimirovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Тамара Вагановна Ваницкая**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
vaganovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Анна Олеговна Войлова**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
voilova@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Диана Олеговна Монастырная**

Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
monastimaya@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Игорь Алексеевич Никитин**

Доктор технических наук  
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова  
Москва, Россия  
alekseevich@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Игорь Владимирович Хомяков**

ТМ «Хомяков-Хлеб»

Краснодар, Россия

vladimirovich@kubstu.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 06.10.2022

Принята 18.12.2022

Опубликована 15.03.2023

УДК 664.682:579.842.11

EDN BPFQGG

BAK 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

**Аннотация**

К хлебобулочным изделиям ремесленного изготовления специалисты отрасли относят так называемую рустикальную выпечку с влажным крупнопористым мякишем и хрустящей шероховатой корочкой, изготавливаемую на закваске и выпекаемую в дровяной каменной печи. Примечательно, что хлеб на закваске использует в качестве «стартера» и источника бродильных культур откид опары или теста, оставшийся от предыдущего замеса хлеба. В настоящее время ремесленная выпечка во всем мире набирает популярность в связи с повышением приверженности населения здоровому образу жизни и потреблению органических продуктов, изготовленных только из натуральных компонентов (муки, воды, закваски). Однако в состав такой выпечки пекари часто могут включать злаки, орехи, семечки, изюм, фрукты и т.п., что требует обязательного проведения микробиологического анализа.

**Ключевые слова**

хлебобулочные изделия, микроорганизмы, безопасность, полуфабрикаты, мука.

**Введение**

Микробиологический мониторинг отечественных хлебопекарных предприятий, в том числе ремесленных производств, показывает взаимосвязь микробной контаминации сырья, воздуха и поверхностей оборудования производственных помещений с микробной контаминацией готовых изделий и риском развития в них микробной порчи, преимущественно меловой болезни и плесневения. Критерием микробной контаминации муки и зерновых продуктов служит обнаружение спорообразующих бактерий, плесеней и дрожжей в выпеченных хлебобулочных изделиях. Специалисты отмечают, что при выходе из печи плесневые и дрожжевые грибы в хлебобулочных изделиях не обнаруживаются, а содержание спорообразующих бактерий зависит от способа производства хлеба, снижаясь до минимального при вводе закваски, за счет конкурентных отношений микроорганизмов.

Отдельным вопросом в производственной санитарии является микробиологический анализ муки, пригодной для целей хлебопечения, поскольку микробное загрязнение сырья при переработке зерна в хлебопекарную муку практически не устраняется. Ситуацию усложняет еще отсутствие микробиологических нормативов безопасности для хлебобулочных изделий, за исключением тех их видов, которые вырабатываются с начинкой. Способом стабилизации микробиологического состава муки является выведение на ней спонтанной закваски в ходе длительного (до 10 суток) непрерывного ведения и каждодневного освеживания с целью достижения доминирования молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, что применимо для ремесленных технологий хлеба.

Цель. Представленное в работе исследование производилось с целью установления микробиологической безопасности сырья, полуфабрикатов и хлебопекарной продукции ремесленного изготовления ТМ «Хомяков-Хлеб» в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности

пищевой продукции», изложенных в п. 1.11 «Специализированная пищевая продукция для детского питания для детей раннего возраста, производимая (изготавливаемая) на молочных кухнях», и в п. 1.12 «Специализированная пищевая продукция для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста».

### Материалы и методы исследования

Материалы и методы. Объектами исследования послужили зерно ржи, пшеницы (фото 1), цельнозерновая ржаная и пшеничная мука жернового помола ТМ «Хомяков-Хлеб» (фото 2), сортовая пшеничная мука, стартерная закваска из ржаной и пшеничной муки, свежееиспеченный хлеб из ржаной муки (подовый) и хлеб пшеничной муки по типу чабатта (фото 3), в которых учитывали количество обнаруженных мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ/г по ГОСТ 10444.15-94, бактерий группы кишечных палочек (колиформы) (БГКП) в 1 г продукта по ГОСТ 31747-2012, плесеней, КОЕ/г по ГОСТ 10444.12-2013, дрожжей, КОЕ/г по ГОСТ 10444.12-2013, молочнокислых микроорганизмов по ГОСТ 10444.11-2013, *Staphylococcus aureus* в 1 г продукта по ГОСТ 31746-2012. Нормативы микробиологической безопасности для муки и хлебобулочных изделий, взятые согласно ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», представлены в таблице 1.

Таблица 1. Нормативы микробиологической безопасности для муки и хлебобулочных изделий по ТР ТС 021/2011

Показатели	Допустимые уровни для муки	Допустимые уровни для хлебобулочных изделий
1	2	3
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \times 10^4$	$1 \times 10^3$
БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	0,1	1,0
Плесени, КОЕ/г, не более	200	50
Дрожжи, КОЕ/г, не более	100	—
<i>Staphylococcus aureus</i> , не допускаются в массе продукта, г		1,0



Рисунок 1. Зерно ржи (слева) и изготовленная из него ржаная цельнозерновая мука ТМ «Хомяков-Хлеб» (справа)



Рисунок 2. Зерно пшеницы (слева) и изготовленная из него пшеничная цельнозерновая мука ТМ «Хомяков-Хлеб» (справа)

Органолептические и физико-химические показатели качества испытуемых проб муки приведены в таблице 2. Наилучшими показателями качества и свежестью отличались пробы муки, полученные жерновым помолом зерна пшеницы и ржи, ферментативная активность которых находилась в пределах нормы ГОСТ 7045-2017, ГОСТ 26574-2017.

Таблица 2. Органолептические и физико-химические показатели качества муки

Наименование показателя	Проба ржаной цельнозерновой муки жернового помола ТМ «Хомяков-Хлеб» (г. Краснодар, Россия)	Проба пшеничной цельнозерновой муки жернового помола ТМ «Хомяков-Хлеб» (г. Краснодар, Россия)	Проба муки пшеничной хлебопекарной первого сорта ТНВ «Пугачевское» (г. Пенза, Россия)
Вкус	Свойственный ржаной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	Свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	
Запах	Свойственный ржаной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый	
Цвет	Серый с частицами оболочек зерна	Белый с желтоватым оттенком с заметными частицами оболочек зерна	Белый
Наличие минеральной примеси	При разжевывании муки хруста не ощущается		
Количество клейковины, %	—	29,0	34,0
Качество клейковины, ед. ИДК	—	57,0	60,0
Число падения, с	258	342	—
Влажность, %	11,0	12,0	12,4

Титруемая кислотность, град	4,4	2,0	3,7
-----------------------------	-----	-----	-----

Рецептура теста и принятые режимы приготовления полуфабрикатов и выпечки хлебобулочных изделий, вырабатываемых из пшеничной и ржаной цельнозерновой муки, значительно отличаются.

Чиабатта из пшеничной муки готовится на стартере – закваске из пшеничной цельнозерновой муки с внесением в опару. Соотношение стартера к муке и воде при приготовлении опары: 1 : 4 : 4 или 1 : 3 : 3. Перед приготовлением опары охлажденная закваска освежается 3 раза подряд через каждые 12 ч при температуре 25-27 °С. Опара замешивается из пшеничной цельнозерновой муки при соотношении муки и воды – 50 : 50, далее выбраживает до 10 ч при температуре 25-27 °С. Тесто замешивается из смеси пшеничной муки первого сорта и пшеничной цельнозерновой (94 : 6) при добавлении воды до 69 % к массе муки. Опара дозируется в тесто до 23,5 % к массе муки, соль – в 1,7 % к массе муки. Замешенное тесто выбраживает в течение 3 ч при температуре 24-25 °С с проведением складывания массы теста в контейнере каждые 35-40 мин, после чего подвергается «холодному» брожению в течение 8 ч при температуре 12-15 °С. Разделка и формовка тестовых заготовок осуществляется в ткань, при этом расстойка покрытых тканью заготовок продолжается в течение 1,5-2 ч в помещении при температуре 22-28 °С. Выпечка расстойшихся заготовок производится в русской дровяной печи в течение 12-17 мин при температуре пекарной камеры в нижней части 260-270 °С, в верхней части 280-290 °С.

Хлеб подовый из ржаной цельнозерновой муки готовится на стартере – густой ржаной закваске, хранимой в охлажденном виде, путем ее согревания и освежения 4 раза подряд через каждые 4-4,5 ч при температуре 28-30 °С. Замес теста осуществляется при расходе муки до 30,2 % к массе теста, густой закваски до 42 %, воды до 27 %, соли до 0,8 %. Замешенное тесто выбраживает в течение 1,5-2 ч при температуре 29-30 °С. Формовка заготовок и расстойка в корзинках производится в течение 60 мин в помещении при температуре 28-30 °С. Выпечка расстойшихся заготовок осуществляется в русской дровяной печи в течение 10-12 мин при температуре пекарной камеры в нижней части 280-290 °С, в верхней части 320 °С.

Выпеченный хлеб в обоих случаях остывает до упаковки в условиях производства на деревянных лотках в течение 8-9 ч, после чего упаковывается в бумажные пищевые пакеты. Пакеты с хлебом остаются негерметичными до передачи покупателю.



Рисунок 3. Чиабатта из пшеничной муки ТМ «Хомьяков-Хлеб»: целая буханка (слева) и в нарезке (справа)

### Результаты и обсуждение

Посевы микрофлоры зерна, муки и закваски на плотные питательные среды показали различное в них содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных, молочнокислых микроорганизмов, плесеней и дрожжей при отсутствии бактерий группы кишечной палочки (колиформы). Как видно из таблицы 3, переработка зерна в цельнозерновую муку в целом приводит к снижению

обсемененности сырья молочнокислыми микроорганизмами, плесенями и дрожжами за счет удаления загрязненных частиц оболочек, что снижает вероятность попадания в готовую продукцию микотоксинов и гликозидов.

Для пшеничной муки первого сорта промышленного изготовления в отличие от муки ремесленного изготовления выявлено повышенное содержание плесени, что оказало отрицательное влияние на сохранность хлебопекарной продукции (таблица 4). Стартеры-закваски из цельнозерновой ржаной и пшеничной муки обладают высоким содержанием мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных, молочнокислых микроорганизмов и дрожжей с преимуществом последних без обнаружения бактерий группы кишечных палочек (колиформы), образуя специфический для бродильного полуфабриката микробиом (фото 4).

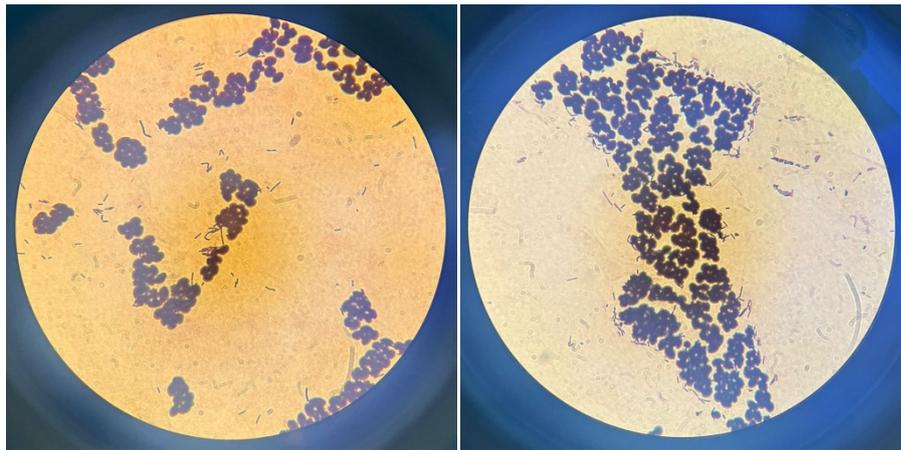


Рисунок 4. Микробиом стартера-закваски из цельнозерновой ржаной (слева) и пшеничной (справа) муки

Таблица 3. Результаты исследования микробиологических показателей сырья и заквасок

Наименование исследуемого образца	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (колиформы) в 1 г продукта	Молочно-кислые микроорганизмы	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
1	2	3	4	5	6
Зерно ржи	$4,8 \times 10^4$	отсутствие	менее $1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$	$4,6 \times 10^8$
Зерно пшеницы	$1,2 \times 10^3$	отсутствие	$1,0 \times 10^3$	менее $1,0 \times 10^3$	менее $1,0 \times 10^8$
Мука ржаная цельнозерновая	$1,0 \times 10^4$	отсутствие	$9,0 \times 10^2$	менее $1,0 \times 10^3$	менее $1,0 \times 10^8$
Мука пшеничная цельнозерновая	$1,8 \times 10^3$	отсутствие	$3,0 \times 10^2$	$6,0 \times 10^2$	менее $1,0 \times 10^8$
Мука пшеничная первого сорта	$1,2 \times 10^3$	отсутствие	менее $1,0 \times 10^3$	$2,4 \times 10^2$	менее $1,0 \times 10^8$
Стартер-закваска из ржаной муки	$6,8 \times 10^5$	отсутствие	$3,8 \times 10^7$	менее $1,0 \times 10^3$	$6,4 \times 10^8$
Стартер-закваска из пшеничной муки	$8,0 \times 10^5$	отсутствие	$4,6 \times 10^7$	менее $1,0 \times 10^3$	$6,8 \times 10^8$

С целью изучения микробиологической безопасности хлебопекарной продукции исследованию подвергали свежее испеченные и хранившиеся в течение 3, 5 и 7 суток образцы хлеба из ржаной и пшеничной муки. Хлеб в бумажных пищевых пакетах хранили в условиях микробиологической лаборатории ИЦ «КубГТУ» при температуре воздуха в помещении 17-23 °С и его относительной влажности 64-73 %, что соответствовало требованиям ГОСТ 8227-2022. Относительную влажность воздуха в помещении для хранения хлебобулочных изделий измеряли с помощью психрометрического гигрометра ВИТ-2.

В целом, потребительские характеристики хлебобулочных изделий соответствовали рекомендуемым нормам ГОСТ 31805-2018, ГОСТ 31807-2018 по органолептическим (внешний вид, состояние мякиша, вкус, запах) и физико-химическим (влажность и титруемая кислотность мякиша) показателям. Влажность и кислотность образца из пшеничной муки составила 48 % и 3 град, образца из ржаной муки – 49 % и 6 град.

Как видно из таблицы 4, только один образец хлеба из пшеничной муки на 7 сутки хранения заплесневел. Полагаем, что такой результат микробной контаминации мог быть вызван обсемененностью плесенью пшеничной муки промышленного изготовления (таблица 3), вносимой на стадии замеса теста. Остальные образцы как хлеба из пшеничной муки, так и из ржаной муки, соответствуют требованиям безопасности ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», изложенных в п. 1.11 «Специализированная пищевая продукция для детского питания для детей раннего возраста, производимая (изготавливаемая) на молочных кухнях», и в п. 1.12 «Специализированная пищевая продукция для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста».

Кроме бактериологического метода изучения микробиологических показателей, в ходе исследований производили определение обсеменности муки картофельной палочкой по выпеченному хлебу, для чего опытные образцы готовых изделий, завернутые в двойной слой стерильной пористой бумаги, тщательно увлажняли хорошо вымытыми руками, смоченными теплой водой, упаковывали в пакеты из полиэтиленовой пленки и помещали в термостат при температуре  $37 \pm 1$  °С без увлажнения воздуха. Пробу выдерживали в термостате 24 ч, после чего хлеб разрезали острым ножом и проверяли наличие заболевания. Визуальная оценка изделий не выявила признаков развития картофельной болезни, специфический запах и липкий мякиш отсутствовали.

Таблица 4. Результаты исследования микробиологических показателей хлебопекарной продукции

Наименование исследуемого образца	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (колиформы) в 1 г продукта	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
1	2	3	4	5
Хлеб из ржаной муки (свежеиспеченный)	6,0	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	$4,6 \times 10$
Хлеб из ржаной муки (3 дня хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из ржаной муки (5 дней хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из ржаной муки (7 дней хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из пшеничной муки (свежеиспеченный)	6,5	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из пшеничной муки (3 дня хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из пшеничной муки (5 дней хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из пшеничной муки (7 дней хранения)	Обнаружена плесень			

### Заключение

С учетом проведенных исследований микробиологической безопасности хлеба из цельнозерновой муки ремесленного изготовления ТМ «Хомяков-Хлеб» пришли к выводу о необходимости снижения микробной контаминации хлебопекарной продукции из пшеничной муки за счет исключения из рецептуры муки пшеничной первого сорта промышленного изготовления, не расходуемой при получении стартера-закваски, а добавляемой на стадии замеса теста. Полагаем, что использование закваски повышает кислотность среды за счет накопления молочной кислоты диких форм кисломолочных бактерий, что подавляет гнилостную и патогенную микрофлору вырабатываемого хлеба. Обсеменность муки картофельной палочкой по выпеченному хлебу не обнаружили. Образцы хлеба из ржаной муки отличает устойчивость к микробной контаминации при хранении, поскольку они готовятся на закваске и выпекаются из ржаной муки только одного наименования.

### Список литературы

1. Минченко А.А., Андреев Л.В., Спивак М.Е., Акимов С.А. Микробиологический анализ муки при использовании в хлебопечении // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, 2021. № 4. С. 85-88.
2. Савкина О.А., Локарчук М.Н. Исследование микробного сообщества заквасок спонтанного брожения методом высокопроизводительного секвенирования // Виноградарство и виноделие, 2023. Т. 52. С. 84-85.
3. Савкина О.А., Локарчук М.Н., Павловская Е.Н., Кузнецова Л.И. Микробиологический мониторинг хлебопекарных предприятий // Хлебопродукты, 2020. № 2. С. 34-37.
4. Савкина О.А., Локарчук М.Н., Павловская Е.Н., Кузнецова Л.И. Факторы, обуславливающие микробную порчу хлеба // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд, 2020. № 13. С. 194-202.
5. Самошин П.Н., Белявская И.Г., Богатырева Т.Г., Лабутина Н.В., Титов А.Ю. Обзор технологий рустикальных хлебобулочных изделий // Хлебопродукты, 2021. № 5. С. 48-51.

### Microbiological safety of artisan bread made from whole grain flour

#### **Natalya A. Shmalko**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
anatolievna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

#### **Natalya V. Matsakova**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
viktorovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

#### **Stella V. Demchenko**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
vladimirovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Tamara V. Vanitskaya**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
vaganovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Anna O. Voilova**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
voilova@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Diana A. Monastyrnaya**

Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
monastirnaya@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Igor A. Nikitin**

Doctor of Technical Sciences  
Russian Economic University named after. G.V. Plekhanov  
Moscow, Russia  
alekseevich@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Igor V. Khomyakov**

TM «Khomyakov-Khleb»  
Krasnodar, Russia  
vladimirovich@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 06.10.2022

Accepted 18.12.2022

Published 15.03.2023

UDC 664.682:579.842.11

EDN BPFQGG

VAK 4.3.5. Biotechnology of food and biologically active substances (technical sciences)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

**Annotation**

К хлебу булочным изделиям ремесленного изготовления специалисты отрасли относят так называемую рустикальную выпечку с влажным крупнопористым мякишем и хрустящей шероховатой корочкой, изготавливаемую на закваске и выпекаемую в дровяной каменной печи. Примечательно, что хлеб на закваске использует в качестве «стартера» и источника бродильных культур откид опары или теста, оставшийся от предыдущего замеса хлеба. В настоящее время ремесленная выпечка во всем мире набирает популярность в связи с повышением приверженности населения здоровому образу жизни и потреблению органических продуктов, изготовленных только из натуральных компонентов (муки, воды,

закваски). Однако в состав такой выпечки пекари часто могут включать злаки, орехи, семечки, изюм, фрукты и т.п., что требует обязательного проведения микробиологического анализа.

### **Keywords**

bakery products, microorganisms, safety, semi-finished products, flour.

### **References**

1. Minchenko A.A., Andreenko L.V., Spivak M.E., Akimova S.A. Microbiological analysis of flour when used in baking // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex-healthy food products, 2021. No. 4. pp. 85-88.
2. Savkina O.A., Tokarchuk M.N. Investigation of the microbial community of starter cultures of spontaneous fermentation by high-performance sequencing // Viticulture and winemaking, 2023. Vol. 52. pp. 84-85.
3. Savkina O.A., Tokarchuk M.N., Pavlovskaya E.N., Kuznetsova L.I. Microbiological monitoring of bakery enterprises // Bread products, 2020. No. 2. pp. 34-37.
4. Savkina O.A., Tokarchuk M.N., Pavlovskaya E.N., Kuznetsova L.I. Factors causing microbial spoilage of bread // Innovative technologies of production and storage of material values for state needs, 2020. No. 13. pp. 194-202.
5. Samoshin P.N., Belyavskaya I.G., Bogatyreva T.G., Labutina N.V., Titov A.Yu. Review of technologies of rustic bakery products // Bread products, 2021. No. 5. pp. 48-51.

Печатное издание «Хлебопечение России»  
Том 67 (2023). № 1

ISSN 2073-3569

Реестровая запись о регистрации 014330 от 10.01.1996г.  
Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и  
массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Издание включено в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК и Российский  
индекс научного цитирования

Рукописи подвергаются редакционной обработке. Точки зрения авторов и редакционной коллегии могут  
не совпадать. Авторы публикуемых материалов несут ответственность за их научную достоверность

Адрес редакции: 109028, г. Москва, а/я 50, Российский Союз пекарей  
e-mail: xleb-vak@mail.ru, <https://hbreview.ru>

Подписано к размещению 15.03.2023  
Отпечатано в типографии ООО «Российский союз пекарей», 109028, г. Москва, а/я 50.  
Подписано в печать 15.03.2023. Тираж 300 экз. Формат А4. Свободная цена.

Учредитель ООО «Российский союз пекарей», 2023

---

Printed edition «Bakery of Russia»  
Volume 67 (2023). Issue 1

ISSN 2073-3569

Registry record of registration 014330 dated 10.01.1996г.  
Registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass  
Communications (Roskomnadzor)

The edition is included into The List of The Reviewed Scientific Publications recommended by The Highest  
Certifying Commission and The Russian Index of Scientific Citing

Manuscripts are exposed to editorial processing. The points of view of authors and an editorial board can not  
coincide. Authors of the published materials bear responsibility for their scientific reliability

Address of the editorial office: 109028, Moscow, a/ya 50, Russian Union of Bakers  
e-mail: xleb-vak@mail.ru, <https://hbreview.ru>

Signed for placement on 15.03.2023  
Printed at the printing house of the NGO «Russian Bakers Union», 109028, Moscow, P.O. Box 50.  
Signed for printing on 15.03.2023. Print run of 300 copies. A4 format. Free price.

© Founder NGO «Russian Bakers Union», 2023