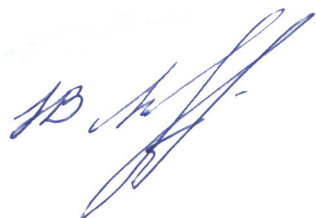


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПРИОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



На правах рукописи

Мазалова Наталья Викторовна

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ СУХОЙ ОБЕССАХАРЕННОЙ СВЕКЛОВИЧНОЙ  
СТРУЖКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодовоовощной продукции и виноградарства.

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель –  
кандидат технических наук,  
доцент Березина Н.А.

Орел 2015

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	6
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1 Вторичное сырье сахарного производства и его использование .....	14
1.2 Способы получения пищевых волокон.....	20
1.3 Свойства пищевых волокон.....	30
1.4 Действие пищевых волокон на организм человека.....	33
1.5 Применение пищевых волокон при производстве продуктов питания .....	35
Заключение по обзору литературы.....	38
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	40
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	40
2.1 Организация работы и схема проведения эксперимента .....	40
2.2 Объекты исследования .....	44
2.3 Методы исследования .....	46
2.4 Математические методы планирования эксперимента, обработки результатов исследований и оптимизации .....	49
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ.....	50
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ СУХОЙ ОБЕССАХАРЕННОЙ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ .....	50
3.1 Влияние кислотно-термической модификации на водосвязывающую способность пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки .....	52
3.2 Влияние кислотно-термической модификации на сорбционную способность пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки.....	60
3.3 Влияние кислотно-термической модификации на содержание пектиновых веществ в пищевых волокнах из сухой обессахаренной свекловичной стружки... ..	65
3.4 Разработка технологии пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки кислотно-термическим способом .....	71
3.5 Исследование процесса экструзионной обработки порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» .....	83
3.5.1 Определение влияния режимов экструзии Порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» на качество экструдата .....	84

3.5.2 Разработка технологии производства порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного .....	87
ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» И ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» ЭКСТРУДИРОВАННОГО .....	92
4.1 Показатели качества, химический состав и безопасность порошков пищевых свекловичных.....	92
4.2 Медико-биологическая эффективность порошков пищевых свекловичных .....	98
ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» И ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» ЭКСТРУДИРОВАННОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	107
5.1 Определение влияния порошков пищевых свекловичных на водосвязывающую способность мучных смесей.....	107
5.2 Определение влияния порошков пищевых свекловичных на количество и качество клейковины пшеничной муки.....	112
5.3 Определение влияния порошков пищевых свекловичных на число падения мучных смесей.....	116
5.4 Исследование влияния состава мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными на свойства теста .....	120
5.4.1 Определение количества воды на замес теста из мучной смеси с порошками пищевыми свекловичными .....	121
5.4.2 Исследования влияния состава мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными на скорость газообразования, кислотность и предельное напряжение сдвига теста .....	122
5.5 Исследования влияния состава мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными на качество хлебобулочных изделий.....	139
ГЛАВА 6. РАСЧЕТ ОТПУСКНОЙ ЦЕНЫ ПОРОШКОВ ПИЩЕВЫХ СВЕКЛОВИЧНЫХ, ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ С ПОРОШКАМИ ПИЩЕВЫМИ СВЕКЛОВИЧНЫМИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РАЗРАБОТАННЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	154
6.1 Расчет отпускной цены порошков пищевых свекловичных и хлебобулочных изделий из мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными.....	154

6.2 Оценка конкурентоспособности хлебобулочных изделий из мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными.....	164
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	168
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	171
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	197
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Определение концентрации уксусной кислоты для приготовления водного раствора с заданным рН.....	197
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. План и выходные параметры эксперимента .....	199
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Регрессионный анализ зависимости водосвязывающей способности пищевых волокон от режима их обработки .....	200
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Градуировочный график зависимости оптической плотности от концентрации нитрата натрия в растворе.....	202
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Регрессионный анализ зависимости сорбционной способности пищевых волокон от режима обработки.....	203
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Регрессионный анализ зависимости содержания водорастворимых пектиновых веществ в пищевых волокнах от режима обработки.....	205
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Вид поверхности для равных значений отклика для водосвязывающей способности пищевых волокон.....	207
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Вид поверхности для равных значений отклика для сорбционной способности пищевых волокон.....	208
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Вид поверхности для равных значений отклика для содержания пектиновых веществ в пищевых волокнах.....	209
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Разработанная техническая документация на порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна», порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный и Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными .....	210
ПРИЛОЖЕНИЕ 11. Акты производственных испытаний.....	214
ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Решение о выдаче патента на способ получения экструдированных пищевых волокон .....	224
ПРИЛОЖЕНИЕ 13. Протоколы лабораторных исследований по показателям безопасности порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» и порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного .....	226



ПРИЛОЖЕНИЕ 14. Аминокислотный состав порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» и порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного.....	238
ПРИЛОЖЕНИЕ 15. Протоколы медико-биологических исследований.....	240
ПРИЛОЖЕНИЕ 16. Рецептуры образцов теста.....	244
ПРИЛОЖЕНИЕ 17. Показатели качества хлебобулочных изделий с пищевыми волокнами.....	255

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Структура питания и пищевой статус населения относятся к числу важнейших показателей развития страны. Значимость состояния питания как фактора, формирующего здоровье нации, подтверждается принятием Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, относящей некоторые показатели фактического питания к критериям оценки продовольственной безопасности. Нарращивание производства новых обогащенных, диетических и функциональных продуктов с целью формирования здорового типа питания входит в число основных направлений государственной экономической политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности.

Одним из важнейших направлений повышения эффективности современных пищевых производств является создание малоотходных технологий, вовлечение в производство вторичных ресурсов, в том числе содержащих большое количество пищевых волокон отходов сокового, мукомольного, пивоваренного и сахарного производств. К сожалению, в настоящее время в отечественной промышленности используются пищевые волокна преимущественно зарубежного производства. Развитие импортозамещающих производств, в том числе таких ценных полисахаридов, как пищевые волокна находится в соответствии с целями и задачами долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года и является актуальным направлением исследования.

Сахарная промышленность относится к числу высокоматериальных отраслей промышленного производства, которое требует значительного количества сырья в расчете на единицу выпускаемой продукции. При этом классические технологии свеклосахарного производства не решают проблемы переработки значительного количества вторичных сырьевых ресурсов, таких как жом – обессахаренная свекловичная стружка. Поэтому практическую значимость и научный интерес представляет использование обессахаренной свекловичной стружки при

производстве пищевых волокон, что позволит снизить эколого-экономический ущерб от неиспользованного вторичного сырья в сахарной отрасли.

Таким образом, актуальность разработки технологий пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки с различным составом и технофункциональными свойствами является очевидной, что также обусловлено необходимостью развития конкурентоспособного импортозамещения в пищевой отрасли.

**Степень разработанности темы исследования.** Значительный вклад в изучение теоретических и практических основ разработки технологии пищевых волокон из вторичного сырья свеклосахарного производства и практического их использования в различных отраслях пищевой промышленности внесли зарубежные – Hipsly, Oosterveld, Thibault, Trowell, Voragen и др. – и отечественные ученые – Л.В. Донченко, М.С. Дудкин, О.А. Ильина, В.А. Лосева, Ю.И. Молотилин, Т.Н. Санина, Н.К. Черно, Т.В. Шахбулатова и др. Анализ работ этих исследователей расширяет перспективы переработки вторичных ресурсов для получения ценных видов пищевых волокон. Вместе с тем отсутствуют сведения о технологиях получения пищевых волокон из свекловичного сырья, предусматривающих применение многокритериальной оптимизации их свойств. На наш взгляд, проведение исследований в данном направлении позволит обосновать привлечение вторичных ресурсов свеклосахарного производства для получения пищевых волокон с заданным составом и свойствами для применения в качестве пищевых ингредиентов в различных отраслях пищевой промышленности.

**Цели и задачи исследования.** Целью диссертационного исследования является разработка технологии переработки вторичного сырья сахарного производства – сухой обессахаренной свекловичной стружки, получение новых видов пищевых волокон и их практическое использование в производстве хлебобулочных изделий.

Для достижения поставленной цели предусмотрено решение следующих **задач:**

- исследование теоретического и практического обоснования применения кислотно-термической модификации в технологии получения пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки, получение математических зависимостей;
- изучение процесса экструзионной обработки пищевых волокон и разработка технологии получения экструдированных пищевых волокон;
- определение химического состава, показателей безопасности и медико-биологической эффективности порошков пищевых свекловичных;
- разработка и утверждение технических документов на порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный, опытно-промышленная апробация;
- определение влияния порошков пищевых свекловичных на количество и качество клейковины муки пшеничной хлебопекарной I сорта, водосвязывающую способность и число падения мучных смесей из муки пшеничной хлебопекарной I сорта, ржаной обдирной и их смесей;
- исследование влияния состава мучных смесей из муки пшеничной хлебопекарной I сорта, ржаной обдирной и их смесей с порошками пищевыми свекловичными на скорость газообразования, предельное напряжение сдвига, кислотность теста и качество хлебобулочных изделий;
- разработка и утверждение технических документов на «Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными», расчет технико-экономических показателей и опытно-промышленная апробация.

#### **Научная новизна.**

Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 2, 3, 6, 9 паспорта специальности 05.18.01.

Обоснованы оптимальные параметры кислотно-термического и экструзионного способа модификации сухой обессахаренной свекловичной стружки с целью получения пищевых волокон.

Установлен химический состав и технологические характеристики нового вида функциональных пищевых ингредиентов – пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки.

Расширены представления о технологических функциях новых видов пищевых волокон в составе мучных смесей в процессе формирования теста из пшеничной хлебопекарной муки I сорта, ржаной обдирной муки и их смесей в соотношении 20:80, 30:70, 50:50, 70:30.

Показано положительное влияние новых видов пищевых волокон на физико-химические и органолептические показатели качества разработанных хлебобулочных изделий.

**Теоретическая и практическая значимость работы** определяется тем, что:

- установлены оптимальные режимы физико-химической модификации пищевых волокон методом кислотно-температурной и экструзионной обработки сухой обессахаренной свекловичной стружки;
- разработана и утверждена техническая документация ТУ 9112-304-02069036-2014 на порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный;
- разработана и утверждена техническая документация ТУ 9113-316-02069036-2015 на «Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными»;
- проведена производственная апробация технологии производства пищевых волокон «Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и «Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный» на ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский» (пгт Колпна) и ООО «Звягинский крахмальный завод» (п. Звягинки);
- проведена производственная апробация технологии производства хлебобулочных изделий на ООО «Колпнянский хлебозавод» (пгт Колпна).
- получен патент на изобретение РФ №2558224 «Способ производства экструдированных пищевых волокон».

Материалы диссертации используются в учебном процессе при чтении лекций по дисциплинам «Инновационные технологии продуктов питания из растительного сырья», «Технология получения и применения физиолого-функциональных добавок для продуктов питания из растительного сырья», дипломном проектировании, выполнении научно-исследовательской работы студентов и проведении магистерских диссертационных исследований на кафедре «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Приокского государственного университета.

**Методология и методы исследования.** Экспериментальные исследования проводили в условиях лабораторий кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Приокского государственного университета, инновационного научно-исследовательского испытательного центра Орловского Государственного аграрного университета, испытательного лабораторного центра АНО «НТЦ» Комбикорм» (г. Воронеж), а также в аккредитованном испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области», в промышленных условиях и лабораториях предприятий ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский», ООО «Звягинский крахмальный завод», ООО «Колпнянский хлебозавод».

Пищевые волокна оценивали в соответствии со следующими методиками: органолептические показатели определялись по ГОСТ 13340.1; массовая доля влаги – по ГОСТ 28561; активная кислотность – по ГОСТ 26188; массовая доля металломагнитной примеси, зараженность и загрязненность вредителями хлебных запасов – по ГОСТ 13340.2; крупность помола – по ГОСТ 13340.1; минеральные примеси – по ГОСТ 27558; редуцирующие сахара – методом, основанным на способности редуцирующих сахаров восстанавливать в щелочном растворе окисную медь в закисную, по ГОСТ 8756.13; клетчатка – методом Кюшнера и Ганека, основанным на последовательной обработке навески исследуемого продукта гидролизующими и окисляющими реагентами – смесью уксусной и азотной кислот; лигнин – по методике, основанной на выделении путем кислотного гидролиза в виде нерастворимого осадка; холоцеллюлоза (смесь целлюлозы и

гемицеллюлозы) – весовым методом после делигнификации навески надуксусной кислотой; пектиновые вещества – по методике, основанной на переведении различных пектиновых веществ в раствор, превращении их в пектовую кислоту, осаждении последней в виде кальциевой соли и учете весовым методом; минеральный состав – методом плазменной эмиссионной спектрофотометрии по ГОСТ 26929; массовая доля золы – по ГОСТ 15113.8; аминокислотный состав порошка – хроматографическим методом на анализаторе ААА-339 по ГОСТ 32192; коэффициент водосвязывающей способности пищевых волокон определялся как отношение массы воды, связанной продуктом, к исходной массе последнего; коэффициент жиросвязывающей способности пищевых волокон определялся как отношение массы растительного масла, связанного продуктом, к исходной массе последнего; сорбционная способность – как разность между содержанием  $\text{NaNO}_3$  в растворе до и после экстракции пищевыми волокнами; подготовка проб для определения содержания токсичных элементов проводилась по ГОСТ 26929; определение содержания токсичных элементов проводилось по ГОСТ 26927, ГОСТ 26930, ГОСТ 26932, ГОСТ 26933, ГОСТ 30178, ГОСТ 30538; определение содержания пестицидов – по ГОСТ 30349, ГОСТ 30710; радионуклидов – по ГОСТ Р 54015, ГОСТ Р 54016, ГОСТ Р 54017; нитратов – по ГОСТ 29270; отбор и подготовка проб к микробиологическому контролю – по ГОСТ 31904, ГОСТ 26669; культивирование микроорганизмов и обработка результатов – по ГОСТ 26670; определение микробиологических показателей – по ГОСТ 31659, ГОСТ 31747, ГОСТ 10444.8, ГОСТ 10444.15, ГОСТ 10444.12; медико-биологические исследования – на линейных аутбредных мышцах CD-1 по влиянию пищевых волокон на массу животных, копрологические показатели микрофлоры толстого кишечника (общий вид, количество лактобактерий, бактерий группы кишечной палочки и дрожжеподобных грибов), биохимический и гематологический анализ крови (содержание общего белка, глюкозы, холестерина и гемоглобина).

Мучные смеси: количество и качество клейковины – по ГОСТ 27839-2013; число падения – по ГОСТ 27676-88; водосвязывающая способность – так же, как и ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН.

Тесто: влажность – экспресс-методом на приборе ПИВИ-1; титруемая кислотность – методом титрования гидроокисью натрия в присутствии фенолфталеина; газообразующая способность – волюмометрическим методом; предельное напряжение сдвига – на автоматизированном пенетрометре АП-4/2.

Хлебобулочные изделия: влажность – по ГОСТ 21095; титруемая кислотность – по ГОСТ 5670; пористость – по ГОСТ 5669; удельный объем – по принципу вытесненного объема сыпучего заполнителя; структурно-механические свойства мякиша – на пенетрометре АП-4/2; выход изделий определяли производственной пробной выпечкой.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- технология пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки на основе физико-химической модификации путем кислотно-температурной и экструзионной обработки;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований об изменении химического состава и технологических характеристик пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки при их физико-химической модификации;

- технология хлебобулочных изделий из мучных смесей с пищевыми волокнами из сухой обессахаренной свекловичной стружки и ржаной обдирной, пшеничной хлебопекарной муки I сорта и их смеси.

#### **Степень достоверности и апробация результатов исследования.**

Достоверность полученных результатов, научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивалась применением современных методов теоретических и экспериментальных исследований, математических методов планирования и обработки экспериментальных данных, современных измерительных приборов, подтверждается совпадением результатов лабораторных и промышленных испытаний и базируется на критериях практической ценности и применимости целевого продукта.

Основные результаты и положения представлены на Международных научных конференциях: Международная научно-практическая конференция



«Инновационные направления в пищевых технологиях» (Пятигорск: РИА-КМВ, 2012); интернет-конференция «Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосфер совместимых систем» (Орел: ГУ-УНПК, 2013); III международная научно-практическая интернет-конференция (Орел: Госуниверситет – УНПК, 2013); Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Универсальная наука – региону» (Пятигорск: РИА-КМВ, 2013); Международная научно-практическая конференция (Улан-Удэ, 2014); VIII Международная научно-практическая конференция (Саратов, 2014); IV Международная научно-техническая конференция (Воронеж: ВГУИТ, 2014); V Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Основные перспективы развития пищевой инженерии и гигиены питания» (Орел: ОГИЭТ, 2015).

Апробацию основных результатов исследований осуществляли в условиях ЗАО «Сахарный комбинат Колпнянский», ООО «Звягинский крахмальный завод», ООО «Колпнянский хлебозавод».

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Сахарная промышленность относится к числу отраслей промышленного производства с высокой материалоемкостью, потребляющих значительное количество сырья в расчете на единицу выпускаемой продукции. Технология получения сахара предполагает максимальное извлечение сахарозы в виде готовой продукции. Между тем в 100 кг сахарной свеклы, кроме сахарозы, содержится следующие вещества в количестве (кг): клетчатки и гемицеллюлозы – 2,2, пектина – 2,5, аминокислот – 0,2, микро- и макроэлементы [160]. Классическая технология производства сахара направлена на увеличение выхода сахарозы. Получение и сохранение других полезных веществ не предусмотрено технологическим процессом, так как они уменьшают выход сахара. При этом одни из них удаляются на стадии очистки диффузионного сока и температурного воздействия на сырье, другие вещества переходят во вторичные ресурсы, такие как жом и меласса [54, 57, 79, 213].

В связи с этим становится актуальной разработка технологий переработки вторичных ресурсов и получения из них новой продукции, что может способствовать более рациональному использованию растительного сырья в сахарной промышленности и расширению ассортимента продуктов диетического и лечебно-профилактического направлений. К таким продуктам следует отнести пищевые волокна и пектин [148, 144, 206, 212].

### **1.1 Вторичное сырье сахарного производства и его использование**

При производстве сахара возникает целый ряд побочных продуктов производства. Из тонны сахарной свеклы получают около 35 кг сахара, 540 кг сырого жома и 40 кг мелассы [20, 161, 162].

Свеклу режут на стружку, из которой в процессе диффузии извлекают сахар. Освобожденная от сахара стружка именуется жомом. В начале зарождения свеклосахарного производства сахарный сироп из свеклы выжимали. Жом – основной побочный продукт сахарной промышленности, получаемый при

традиционной технологии производства, – представляет собой мякоть свеклы после выщелачивания сахара с присоединенными к ней белками из сока, оставшегося в неразрезанных клетках. Существует несколько видов свекловичного жома: свежий жом, кислый жом, консервированный жом, сушеный жом, мелассированный жом, амидный жом, бардяной жом, амидоминеральный жом.

Жом (свежий, сырой) – это обессахаренная свекловичная стружка (*далее – ОСС*), которая получается в диффузионном аппарате. Полностью выделить сок из клеток сахарной свеклы невозможно поэтому ОСС, содержит большое количество воды, экономически целесообразно к месту складирования доставлять его гидравлическим способом. Однако для уменьшения потерь сахарозы современные сахарные заводы отправляют жом на прессование, а отпрессованную воду возвращают в диффузионный аппарат.

Органические и неорганические вещества ОСС имеют сложный многокомпонентный комплекс. Общее содержание аминокислот в нем колеблется в пределах от 0,3 до 0,5 %. Аминокислоты представлены так: аланин, лейцин, валин, аргинин, тирозин, фенилаланин, триптофан и пролин, также в ОСС представлены амиды (глутамин и аспарагин), которых относительно небольшое количество [9, 73, 191]. Представленные аминокислоты содержатся в пределах от 0,3 до 0,5 %. Спектральный анализ минеральных веществ жома показал, что в нем содержатся следующие вещества барий, бор, свинец, железо, марганец, медь, молибден, рубидий, никель, селен, кремний, серебро, таллий, стронций и цинк. Установлено, что свежий жом содержит витамин С, при этом содержание его около 19 мг в 1 кг [174].

Состав сухих веществ (*далее – СВ*) ОСС (в % к массе жома) имеет следующий состав: протеин сырой – 10, в том числе белок – 8,6; безазотистые экстрактивные вещества – 62,9; клетчатка – 22,9; минеральные вещества – 4,2 [87].

Содержание минеральных веществ 1 кг свежего сырого жома (в % к массе сухих веществ): Са – 0,42; К – 0,73; Р – 0,11; Na – 0,16 [86, 87].

Частично обезвоженный прессованием свежий жом в настоящее время имеет несколько путей его утилизации: может направляться на корм скоту (хозяйствам,

которые выращивают сахарную свеклу и имеют откормочные пункты), для длительного хранения в жомовую яму или на сушку.

Сушеный жом – это ОСС, с содержанием СВ 88–90 %. Выход сухого жома удается получить не более 8 % от всего исходного количества сырья. На сахарных заводах принято удалять значительную часть воды из сырья в жомовых прессах различных производителей [86, 87].

Сахарные заводы используют тепловую энергию, стоимость которой намного выше механической, поэтому экономически выгодно, как по расходу тепла, так и по возврату жомопрессовой воды с остатками сахарозы в производственный цикл, наиболее полно механически удалить влагу, чтобы уменьшить затраты на влагообезвоживание. На сахарных заводах, как правило, стараются наиболее полно механически обезводить жом и таким образом сократить расходы топлива на его сушку. Чтобы скормить жом скоту в сыром виде, его прессуют до 12–14 % сухого вещества; ОСС, приготовленную для высушивания, – до 22–25 % СВ [69, 148, 220].

Химический состав сухого свекловичного жома включает: 87–93 % сухого вещества, 7–8 % сырого протеина, 19–23 % сырой клетчатки, 2,4–4,3 % золы, 0,3–0,5 % жира. Также найдены витамины (мг/кг): В<sub>1</sub> – 0,55, В<sub>2</sub> – 0,20, В<sub>6</sub> – 0,18, пантотеновая кислоты – 0,21 и биотин – 0,001 [79]. В нем содержатся минеральные вещества (мг/кг): кальций – 4,7, фосфор – 1,2 [144]. Жом содержит до 25 % пектиновых веществ, 22% – 26 % гемицеллюлоз, 26 % – 28 % целлюлозы, 3 % – 5,5 % лигнина [97]. Также присутствуют органические кислоты [95, 173]. Аланин, лейцин, валин, аргинин, тирозин, фенилаланин, триптофан и пролин – это состав аминокислот ОСС. Количество глутамина и аспарагина находятся в жоме в относительно малом количестве [191].

Преимущества сушеного жома перед свежим: практически все питательные вещества, которые содержатся в свежем жоме, в нем сохраняются; общая калорийность сушеного жома превышает калорийность свежего в 10–12 раз. Сушеный жом транспортабелен, при хранении сухие питательные вещества теряются в небольших количествах.

Достоинства сушеного жома необходимо рассматривать с биологической точки зрения: из целлюлозы состоит клетчатка ОСС при этом жом сохраняет лигнин в количестве 2,2%, который хорошо помогает животным переваривать клетчатку. Пектиновые вещества как сорбируют вредные вещества, так и при гидролизе разлагаются до моносахаридов и урсонных кислот (которые имеют немаловажную роль в обмене веществ, а некоторые из них выполняют защитную функцию животного организма).

Содержание протеина в процессе технологической переработки исходного сырья резко снижается до (10,2 %), что является существенным недостатком сушеного жома.

Многочисленные исследования в области сохранения и использования вторичных ресурсов позволяют выявить технологические способы обогащения и консервирования свежего отжатого и сушеного жома:

1. при хранении в жомохранилищах сырого жома необходимо биологическое консервирование;
2. обогащение и консервирование химическим способом сырого отжатого жома;
3. расширение производства мелассированного, бардяного, амидного и амидоминерального сушеного жома [19, 87, 151].

Большая часть свекловичного жома используется как корм скоту. Использование его в свежем и кислом виде рекомендовано как одна из основных подкормок крупного рогатого скота. Употребляют сушеный жом и в виде ингредиента в комбикормах или вслед за перемешиванием его с водой, фильтрационным осадком, мелассой. Широкое применение сушеного жома обусловлено его технологическими свойствами, так как он лучше хранится и более транспортабелен благодаря его способности к брикетированию и гранулированию [24, 53, 70, 148, 198].

Сушеный свекловичный жом применялся в основном в сельском хозяйстве, однако расширение посевных площадей сахарной свеклы и уменьшение поголовья

крупного рогатого скота привело к тому, что для утилизации жома разработали метод получения пищевого пектина из ОСС [33, 38, 165, 193].

В настоящее время большое количество свекловичного жома может быть применено для получения бумаги или картона, что также позволяет понизить расходы по утилизации свекловичного жома. [53, 75, 211].

Одним из наиболее перспективных и востребованных направлений использования свекловичного жома является производство пищевых волокон (ПВ). По определению, данному в 1986 г. Trowell и Bircitt, которые являются пионерами в исследовании пищевых волокон, «пищевое волокно – это остатки растительных клеток, способные противостоять гидролизу, осуществляемому пищеварительными ферментами человека» [195, 196, 212].

Меласса – ценнейший побочный продукт свеклосахарного производства. По общему количеству сухих веществ, поступающих в нее из свеклы, меласса уступает жому, но по ценности этих веществ и их разнообразию она значительно превосходит его. Выход мелассы колеблется в пределах от 3,5 до 5 % к массе свеклы. В ней содержится около 50 % растворенного сахара или от 10 до 15 % всего сахара, содержащегося в перерабатываемой свекле. Безазотистые органические вещества представлены углеводами (всеми сахарами мелассы, за исключением сахарозы) и органическими кислотами (молочной, муравьиной, уксусной, масляной, лимонной). Из азотистых веществ в мелассе содержатся: бетаин, пирролидон-карбоновая, глутаминовая, аспарагиновая кислоты, лейцин, изолейцин, гликокол, аланин, валин. В очень малых количествах в мелассе содержатся: йод, свинец, серебро, кобальт, железо, бор, цинк, кремний, марганец, молибден [148, 150].

Сахарная промышленность использует мелассу в небольших объемах при производстве сушеного обогащенного жома, амидной мелассы, а также лимонной кислоты [156, 191].

Этот отход получается при кристаллизации сахара как остаточный маточный раствор, представляющий собой густую жидкость черно-коричневого цвета с острым запахом и неприятным вкусом, содержащую около 80 % сухих веществ и

20 % воды. Сухие вещества мелассы содержат около 60 % сахарозы и около 40 % несахаров. Выход мелассы в среднем составляет 4 % к массе свеклы. Следовательно, при содержании сахара около 50 % к массе мелассы потери сахарозы с ней составляют более 2 % к массе свеклы. Поэтому при средней переработке около 80 млн т свеклы в год с мелассой теряется около 1,5 млн т сахара.

Использование мелассы ведется в следующих основных направлениях: на корм скоту (непосредственное скармливание, производство комбинированных кормов); производство спирта, дрожжей, молочной, лимонной кислот и глицерина; получение сахара (метод сепарации путем выделения трехкальциевого сахара, ионитная очистка); получение глутаминовой кислоты и бетаина с помощью ионитной очистки.

Приблизительно 70 % всей мелассы сахарных заводов используется на спиртовых заводах, где сахароза мелассы после расщепления до моносахаров сбраживается дрожжами в спирт и углекислый газ.

Около 10 % от всей получаемой мелассы применяется на дрожжевых заводах в качестве основной питательной среды для выращивания хлебопекарных дрожжей [181].

Около 10 % мелассы используют в сельском хозяйстве для скармливания скоту в смеси с другими кормами и для производства комбикормов. В данном случае полностью используются составные части мелассы: вся сахароза, а также часть аминокислот усваиваются животными непосредственно, а неусвоенные азотистые вещества и соли калия вместе с навозом попадают на поля в качестве удобрения [18, 46, 150].

Таким образом, данные источников показали недостаточное применение вторичных отходов свеклосахарного производства в пищевой промышленности, что делает актуальным их применение с целью расширения сырьевой базы для получения новых видов продуктов.

## 1.2 Способы получения пищевых волокон

В соответствии со стратегией развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года необходимо повысить глубину переработки, вовлечь в хозяйственный оборот вторичные ресурсы, что позволит увеличить выход готовой продукции с единицы перерабатываемого сырья.

Вторичные ресурсы пищевой промышленности являются богатейшим источником функциональных ингредиентов, в первую очередь растворимых и нерастворимых пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, аминокислот.

В настоящее время имеются многочисленные исследования по созданию пищевых волокон. В основном данным вопросом занимаются иностранные исследователи в организациях и научных коллективах, которые специализируются в области исследований и разработок пищевых добавок и ингредиентов для пищевой промышленности. В нашей стране на протяжении многих лет также ведутся разработки по созданию пищевых волокон.

Содержание пищевых волокон в растительном сырье различно. Оно зависит от его ботанической принадлежности, морфологических и анатомических особенностей тканей [30, 32, 178, 199].

Выбор методов выделения пищевых волокон определяется их содержанием, плотностью упаковки биополимеров клеточных стенок [57, 204]. Известные методы выделения пищевых волокон базируются либо на исключении из измельченной растительной ткани низкомолекулярного вещества (моносахарида, гликозида, алкалоида, минеральных соединений) [47], либо связаны с необходимостью гидролиза и экстракции сопутствующего крахмала [45].

Экстракция перерабатываемого сырья ведется, опираясь на его вид: водой при нагревании (выжимки ряда фруктов, овощей, свекловичного жома, винограда); разбавленными растворами минеральных кислот (серной, фосфорной, хлоридной); щелочами (отходы переработки овощей и фруктов; отруби); солями сернистой



кислоты, детергентами, перекисями (пленки, оболочки зерна, стебли злаков, древесина, травы); обработкой с помощью амилолитических ферментов (крахмалосодержащее сырье) [119, 126, 129, 130, 197, 216].

Процесс нагревания при температуре порядка 100 °С с разбавленными растворами кислот позволяет деструктировать крахмал, приводит к частичному гидролизу полисахаридов гемицеллюлоз. Дальнейшая отмывка водой способствует удалению низкомолекулярных веществ, в том числе экологически вредных. Полученные пищевые волокна характеризуются, в сопоставлении с исходным сырьем, увеличенной удельной поверхностью, достаточной чистотой и повышенной способностью к сорбции. Синхронно протекает процесс полной инактивации микрофлоры, не исключая патогенной, что ведет к повышению качества выделяемых пищевых добавок.

Впервые пищевые волокна из жома сахарной свеклы начали производиться сахарной корпорацией Svenska Sockerfabriks AB (Швеция) [202]. Технология была достаточно простой, основанной на физических методах обработки: прессовании, сушке, измельчении и просеивании. Обработка химическими реагентами не предусматривалась. За счет проведения сушки с помощью перегретого пара происходило обезличивание вкуса и запаха, что позволяло применять полученные пищевые волокна для производства различного вида продуктов питания [2,23,28,171].

Массовое производство пищевых волокон из свекловичного жома было начато в конце 80-х годов: в Чехии – под торговым названием Синекал [218] в Англии – Бетафайбер [193], в США – Биофайбер [193], в Польше – Пектоцел [125].

Для получения Пектоцела готовили суспензию с содержанием сухих веществ, состоящую из подкисленной воды и свежего свекловичного жома (около 5 %) с содержанием сухих веществ до 10 %. Полученную суспензию измельчали в дезинтеграторе до размера частиц 3–5 мм. Внесение подкисленной воды способствовало лучшему измельчению и снижению цветности получаемых пищевых волокон. Экстракция проводилась в 2 стадии для более полного удаления неприятнопахнущих веществ. При экстракции поддерживалась рН 5, создаваемая

путем внесения сульфитированной воды. Данный уровень рН необходим для снижения экстракции водорастворимого пектина в раствор и предотвращения потемнения пищевых волокон. На каждом этапе производилось отделение экстракта с помощью центрифуги. Влажность сырых пищевых волокон после центрифугирования составляла около 88 %.

Высушивание сырых пищевых волокон производили горячим воздухом, при этом для обеспечения сыпучести высушиваемого продукта его предварительно смешивали с готовыми пищевыми волокнами в соотношении 1:1. Пищевые волокна высушивали до влажности 9 % и просеивали. Сходы с просеивателя, имеющие размер частиц более 0,4 мм использовали для смешивания с частично обезвоженной центрифугированной массой пищевых волокон перед сушкой [24].

Способ получения пищевых волокон из свекловичного жома, разработанный польскими учеными в 80-х годах, заключается в следующем. Свежий свекловичный жом после промывания водой с температурой 50–60°C и смешивания с раствором сернистой кислоты до рН 4,5–5 измельчается до частиц размером не более 3 мм. Масса подвергается экстрагированию сульфитированной водой при рН 4,5–5 и температуре 50–60°C в 2–4 стадии, перемежающихся отжимом до влажности 50–55 %. После обработки масса промывается водой и подвергается воздействию перекиси водорода в течение 10–15 часов. Далее после центрифугирования сырые пищевые волокна смешиваются с высушенными пищевыми волокнами в соотношении 1:1 для обеспечения сыпучести. Сушка подготовленных таким образом пищевых волокон осуществляется в дисперсионной или фонтанной сушилке подачей горячего воздуха при температуре 130–150°C. Влажность высушенной массы не должна превышать 10 %. Далее массу измельчают и просеивают. Сход сита используется для смешивания с частично обезвоженными сырыми волокнами перед сушкой. Данный способ получения пищевых волокон из свекловичного жома позволяет получить нейтральный по вкусу продукт с содержанием клетчатки до 80 % к сухому веществу [18].

Разработан способ получения пищевых волокон из сырого свекловичного жома после диффузионной обработки. При этом производится обессахаривание и обесцвечивание жома путем последовательной обработки его водой, а затем перекисью водорода (озонированием или облучением). Сушка полученного продукта осуществляется до содержания сухих веществ 90 % [213].

В Воронежской государственной технологической академии разработана схема получения пищевых волокон из боя и хвостиков сахарной свеклы [131]. Схема включает удаление из боя и хвостиков сахарной свеклы нежелательных веществ, ухудшающих цвет и вкус конечного продукта: гликозидов, алкалоидов, минеральных веществ, моно- и дисахаридов путем промывки и измельчения до размеров частиц не более 2 мм и не менее 0,2 мм. Измельчение волокон до размеров частиц более 2 мм препятствует обессахариванию массы, а до размеров частиц менее 0,2 мм способствует экстрагированию водорастворимого пектина и гемицеллюлоз, тем самым снижая содержание пищевых волокон в конечном продукте. Для снижения цветности пищевых волокон из боя и хвостиков сахарной свеклы одновременно с измельчением производится обработка тиосульфатом натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  с концентрацией 0,008–0,012 % и гидромодулем 1:0,5. Цель обработки тиосульфатом натрия – снижение ферментативной активности полифенолоксидазы сахарной свеклы, вызывающей потемнение пищевых волокон. Затем свекловичную массу подвергают прессованию, прессовую воду перекачивают в диффузионный аппарат. Отпрессованную массу дважды промывают на ситах водой с температурой 20–25 °С для более полного удаления водорастворимых веществ, дезодорируют от специфического запаха свекловичного жома в течение 15–20 минут водой с температурой 60–65 °С. Для снижения цветности готовых пищевых волокон сырую свекловичную массу обрабатывают раствором аскорбиновой кислоты в количестве 0,1 % – 0,2 %. При этом красящие вещества восстанавливаются в лейкосоединения, что дополнительно снижает цветность готового продукта. Сушку пищевых волокон осуществляют до содержания сухих веществ 95 %.

Для снижения цветности пищевых волокон из боя и хвостиков сахарной свеклы на основе предложенной схемы сотрудниками Воронежской государственной технологической академии разработана технологическая схема, предусматривающая добавление тиосульфата натрия в количестве 0,07 % – 0,085 % к измельчаемой массе хвостиков и боя сахарной свеклы. При этом продолжительность обработки тиосульфатом натрия составляет 40 минут, температура диффузии 70–72°C в течение 90 минут. Дальнейшая обработка осуществляется по вышеприведенной схеме [91, 96, 136].

Существуют способы получения пищевых волокон методом химической модификации.

Известен способ получения пищевого волокна из ОСС, предусматривающий: прессование последнего до содержания сухих веществ 16,0 % – 18,0 %; экстракцию растительной массы сульфитированной водой; ее прессование; обработку массы насыщенным паром для дезодорации и удаления свекловичного привкуса; прессование растительных волокон до содержания сухих веществ 20,0 %– 30,0 % с последующим их измельчением до размера частиц 1,5 –2,0 мм; сушку и измельчение волокон до порошкообразного состояния [132, 175]. Недостатком этого способа является неполная инактивация фермента оксидазы при экстракции прессованного жома сульфитированной водой, что при последующей обработке вызывает потемнение волокон.

Известен способ получения пищевого волокна из ОСС, предусматривающий: прессование последнего; обработку прессованной растительной массы насыщенным паром, при этом температура пара составляет 125–130 °С продолжительность обработки – 15–20 мин; ее экстракцию 3 % – 5% раствором  $H_2O_2$  15–20 мин для ее пробеливания; прессование растительных волокон до содержания сухих веществ 15,0 %– 16,0 %; сушку и измельчение до порошкообразного состояния [135]. Недостатком известного способа является использование перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) в процессе экстракции для пробеливания свекломассы, требующего повышенных санитарно-гигиенических норм и определенных условий хранения.

Известен способ получения пищевых волокон из ОСС, предусматривающий: смешивание частиц жома с католитом; измельчение их до заданного размера; двукратную экстракцию измельченной массы при температуре 20–25 °С путем смешивания ее с католитом, дезодорацию проэкстрагированной массы при температуре 60–65 °С путем смешивания ее с католитом; обезвоживание волокон и их сушку при температуре 55–60 °С при предварительном смешивании с готовым продуктом. Католит с  $\text{pH} = 5,7\text{—}6,0$  и окислительно-восстановительным потенциалом от  $-80$  до  $-110$  мВ, используемый в процессах измельчения частиц жома, экстракции и дезодорации, получают путем обработки раствора хлорида натрия в анодной камере диафрагменного электролизера [31, 41, 137]. Недостаток известного способа заключается в невысоком качестве пищевых волокон, а именно в их низкой водоудерживающей способности и адсорбционной емкости, так как католит, используемый при экстракции, обладает высокой экстрагирующей способностью и вымывает из измельченного свекловичного жома компоненты пищевых волокон – пектин и лигнин, наличием которых определяются водоудерживающая способность и адсорбционная емкость пищевых волокон.

Известен способ получения пищевых волокон из ОСС, предусматривающий: смешивание частиц жома с электрохимически активированным раствором; измельчение их до заданного размера; двукратную экстракцию измельченной массы при температуре 20–25 °С электрохимически активированным раствором; дезодорацию проэкстрагированной массы при температуре 60–65 °С путем смешивания ее с электрохимически активированным раствором; обезвоживание волокон и их сушку при температуре 55–60 °С при предварительном смешивании с готовым продуктом. Этот способ отличается тем, что в качестве электрохимически активированного раствора используют анолит, имеющий  $\text{pH} = 6,1\text{—}6,3$  и окислительно-восстановительный потенциал от  $+700$  мВ до  $+800$  мВ относительно хлорсеребряного электрода сравнения, полученный в результате обработки раствора сульфата аммония в анодной камере диафрагменного электролизера, или анолит, имеющий  $\text{pH} = 4,0\text{—}5,0$  и окислительно-восстановительный потенциал от  $+800$  мВ до  $+900$  мВ относительно хлорсеребряного электрода сравнения,

полученный в результате обработки раствора тиосульфата натрия в указанной камере диафрагменного электролизера[90, 138]. Недостатком указанного способа является необходимость использования специальной установки и дорогостоящих реактивов.

Известен способ получения пищевого волокна из обессахаренной свекловичной стружки, предусматривающий: прессование последнего; обработку насыщенным паром; экстракцию растительной массы; ее прессование после экстракции; сушку и измельчение до порошкообразного состояния. Данный способ отличается тем, что жом перед обработкой насыщенным паром измельчают до размера частиц 0,5–3,0 мм, используют пар с температурой 105–115 °С и процесс обработки проводят в течение 5–10 мин, при этом экстракцию осуществляют сульфитированной водой при температуре 45–50 °С и рН= 5,6—6,5, причем сушку растительных волокон проводят до достижения влажности 5,5 % – 6,5 % [127, 159]. Недостатком известного способа является применение сульфитированной воды, повышающей токсичность полученного пищевого волокна.

Экструзия представляет собой физико-химический процесс получения продуктов с новой структурой и свойствами путем термо-, гидро- и механохимической обработки различного пищевого сырья растительного и животного происхождения.

Экструзионная обработка позволяет получить новые продукты, сырье и добавки, обладающие повышенной водо-, жиросвязывающей и сгущающей способностью по сравнению с исходным сырьем. При этом модификация свойств сырья методом экструзии позволяет не только интенсифицировать технологический процесс, но и повысить степень использования сырья, снизить производственные и трудовые затраты, расширить ассортимент продуктов, повысить степень их усвояемости, снизить микробиологическую загрязненность, а также эколого-экономический ущерб от неиспользованного сырья.

При экструзии изменения свойств сырья происходят на клеточном уровне, обуславливающие текстурирование его на основе сложных химических, микробиологических и физических процессов и явлений.

Механическая деструкция клеток сырья в результате экструзионной обработки увеличивает усвояемость экструдированных продуктов за счет ускорения ферментативного расщепления их при пищеварении, что снижает затраты физиологической энергии животных и человека. В связи с чем данные продукты могут быть рекомендованы людям с определенными заболеваниями [15, 16, 41, 122].

Рассмотрим физико-химические изменения в процессе экструзии.

Структурообразователями при производстве экструзионных продуктов являются белки и крахмал.

При экструзии с белками продукта происходят следующие изменения. Высокотемпературная обработка при одновременном механическом воздействии вызывает разрушение третичной структуры белка. При этом разрываются ионные, дисульфидные, водородные связи и молекула белка разворачивается. Разрушение структуры белка вследствие его денатурации увеличивает содержание пептидов и аминокислот, что повышает его перевариваемость, снижает воздействие антипитательных факторов.

Крахмал при экструзии подвергается молекулярной деградации, теряя свою кристалличность. При этом повышается его реакционная способность, он легко связывается с липидами, содержащимися в экструдированной смеси. Наиболее важными параметрами, влияющими на экструзивное разрушение крахмального зерна, являются температура и влажность экструдированной смеси, а также скорость сдвига, создаваемая давлением прессования. Достижение полной желатинизации крахмала возможно при температуре более 120 °С и влажности 10 % – 20 %. При этом основные составляющие крахмала – амилоза и амилопектин – при экструзии изменяются по-разному. Расширение амилозы в связи с ее меньшей линейной структурой наиболее значительно происходит при температуре 220 °С. При этом значительно снижается плотность и резко возрастает продольное

расширение амилозы. Текстура крахмала после воздействия на него расширенной амилозой становится тонкой и равномерной, он светлеет.

Расширение амилопектина происходит при более низкой температуре – 170 °С – и резко снижается при увеличении температуры. Так как амилопектин не обладает способностью выстраиваться вдоль потока в шнеке экструдера и фильтре из-за величины молекулы, он подвержен большому механическому повреждению, сопровождающемуся уменьшением размеров молекулы. Это повышает растворимость крахмала, его превращению в более мягкие структуры, образуя продукты, липнущие во время еды. Повышение влажности экструдированной смеси увеличивает размеры пор и утолщает их стенки.

Сильный сдвиг при экструзионной обработке крахмала вызывает гидролиз амилозы и амилопектина до мальтодекстринов.

Изменение свойств белков и крахмала при экструзии, характеризующееся частичным гидролизом и желатинизацией, используется для модификации функциональных и реологических свойств муки и крахмала.

Рядом исследователей установлено, что экструзионная обработка повышает атакуемость белка и крахмала ферментами. Это обусловлено уменьшением размеров их молекул, повышением удельной поверхности, отделением частиц отрубей и белка, а также инактивацией эндогенного  $\alpha$ -амилазного ингибитора [71, 77].

Известен способ производства экструдированного продукта, в смесь которого из основного зернобобового сырья добавляют в соответствии с рецептурой вспомогательное сырье. Полученную смесь увлажняют, дробят и отволаживают в течение 12 часов водой для получения сырьевой смеси влажностью до 50 % и жирностью до 40 %. Затем сырьевую смесь направляют для нагрева и уплотнения в пресс-экструдер, в котором после предварительного уплотнения смеси температура в рабочей камере поднимается до 120–130 °С и давления более 50 атмосфер с получением на выходе пористого экологически чистого монопродукта. В качестве вспомогательного сырья используют топинамбур, расторопшу, кровяную муку, различные виды жома [139].



Недостатком известного способа является наличие значительного количества белка в основном сырье, что снижает сорбционную способность пищевых волокон экструдированного продукта.

Известен способ производства экструдированного пищевого продукта из материала, содержащего пищевые волокна, например, из смеси отрубей с крахмалсодержащим сырьем, предусматривающий смешивание материала с вкусовыми и/или ароматическими компонентами и водой и последующее экструдирование полученной смеси с влажностью 13 % – 17 % со скоростью выхода экструдата 30–99 м/мин при его влажности 4 % – 9 % [133]. Недостатком известного способа является наличие значительного количества белка в материале, содержащем пищевые волокна, что снижает сорбционную способность пищевых волокон.

Известен способ экструдирования пищевых волокон растительного сырья, включающий его предварительное увлажнение и отличающийся тем, что исходное сырье увлажняют до влажности 23 %– 25 %, при этом экструдирование ведут при температуре 70–90 °С и давлении 22–36 МПа. При этом в процессе экструдирования влажность экструдированного сырья постепенно снижают до 14 % [134]. Недостаток данного способа заключается в низких технологических характеристиках продукта, обусловленных недостаточной водоудерживающей способностью.

Известен способ экструдирования, при котором добавляется восковой крахмал в количестве от около 5 до около 15 вес. % от общего веса композиции. В зерновую смесь включается источник пищевого волокна в количестве от около 1 до около 15 вес. % от общего веса композиции, полностью зерновая мука в количестве от 60 до 90 вес. % от общего веса композиции и вода в количестве, достаточном для получения вспученного зернового продукта. Изобретение позволяет получить вспученный зерновой продукт с высоким содержанием пищевых волокон, имеющий более светлую и более хрустящую текстуру, а также мягкий вкус. Настоящее изобретение относится к экструдированным зерновым продуктам с высоким содержанием пищевого волокна [140].

Таким образом, данные научной литературы показали, что производство пищевых волокон в нашей стране недостаточно развито в связи со сложностью их получения, высокой стоимостью и токсичностью используемых способов очистки. Поэтому создание промышленных технологий получения пищевых волокон с применением пищевых химических реагентов и широкое использование их в производстве продуктов функционального назначения является актуальным.

### 1.3 Свойства пищевых волокон

Разные виды пищевых волокон отличаются большим разнообразием структуры, состава сахаров и функциональных групп, хотя подавляющее большинство из них являются полимерами полисахаридной природы. Даже близкие по своей структуре пищевые волокна могут иметь существенные различия в размере макромолекул, в составе сахаров, числе и составе функциональных групп, что определяет различия их свойств.

Рассматривая физико-химические свойства пищевых волокон, следует особо выделить их растворимость в воде, гидрофильность и высокую водоудерживающую способность, высокую сорбционную способность [21, 35, 43].

**Растворимость в воде** характерна для большинства пищевых волокон. В желудочно-кишечном тракте пищевые волокна значительно увеличиваются в объеме вследствие впитывания воды и набухания приблизительно в 5 раз. При этом волокна проявляют сорбционные свойства, поглощая воду и токсины: нитраты, нитриты, канцерогены. Также волокна фиксируют пищеварительные ферменты, жиры и простые углеводы, поступившие с пищей. Это обуславливает их способность к снижению холестерина и сахара в крови, а также повышению перевариваемости питательных веществ и перистальтики кишечника. Обволакивая стенки желудка и увеличивая объем каловых масс, пищевые волокна создают эффект ложного насыщения. Это снижает аппетит и весьма широко применяется в диетах для снижения веса [111, 188].

Целлюлоза является неразветвленным и линейным полисахаридом, состоящим только из остатков глюкозы. Линейные молекулы целлюлозы плотно

упакованы, что придает им структуру нерастворимую в воде и устойчивую к перевариванию человеческими ферментами. Однако в целлюлозе содержится большое количество микроскопических капилляров и гидроксильных групп, что обуславливает ее способность поглощать и удерживать воду [21, 42, 68, 191].

Гемицеллюлозы – это полисахариды, связанные с целлюлозой, которые кроме глюкозы содержат как линейные, так и разветвленные углеводы. Гемицеллюлоза представляет собой гетерогенную группу химических структур, включающую растворимые и нерастворимые формы: пентозы (ксилозы и арабинозы) и гексозы (глюкоза, галактоза, манноза, рамнозы, глюкуроновая и галактуроновая кислоты) [49, 208, 221].

Пектины состоят в основном из цепочек галактуроновой кислоты с вкраплениями единиц рамнозы и разветвленными цепями пентозы и гексозы. Гемицеллюлоза и пектины обладают высокой гидрофильностью. Лигнин не является полисахаридом, но химически связан с гемицеллюлозой в клеточной стенке растений. Обладает наименьшей гидрофильностью [39, 50, 89, 194, 201].

**Гидрофильность и высокая водоудерживающая способность** сильно различается в зависимости от вида пищевых волокон. Гидрофильность пищевых волокон определяет их способность связывать воду. Указанное свойство ПВ приводит к тому, что они имеют способность набухать в водных средах, увеличиваясь в объеме, что является раздражающим фактором для кишечной стенки, может усиливать моторику кишечника и сокращать время транзита по желудочно-кишечному тракту.

Пищевые волокна характеризуются высоким коэффициентом водоудерживающей способности. Этот показатель в значительной степени обусловлен видом пищевых волокон и в среднем составляет 3 см<sup>3</sup> воды на один грамм пищевых волокон.

Наибольший коэффициент водосвязывающей способности наблюдается в водорастворимых пищевых волокнах (пектин, гемицеллюлоза, альгинаты, каррагинан, зостерин, камеди), в меньшей степени связывают воду нерастворимые

пищевые волокна (целлюлоза, лигнин). Пектины по способности связывать и удерживать воду различаются в 5–30 раз.

В этом отношении все пищевые волокна можно разделить на три группы:

- 1) высокогидрофильные – микрокристаллическая целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин, камеди, альгинаты, каррагинан, зостерин, инулин, олигофруктоза, мукополисахариды;
- 2) гидрофильные в умеренной степени– целлюлоза;
- 3) гидрофобные – лигнин.

Различия в гидрофильности разных видов пищевых волокон определяют конечную водоудерживающую способность пищевых продуктов.

Гидратация гидрофильных коллоидов обусловлена электростатическими силами. Различают два вида воды в набухшем полимере: свободную (капиллярную) и связанную (гидратационную). Установлено, чем гидрофильные свойства полимера выше, тем больше связанной воды в нем содержится [53, 54].

Несмотря на то что водоудерживающая способность овощей существенно выше, чем у пшеничных или ржаных отрубей, лучше использовать для этой цели все же отруби (100 г пшеничных отрубей по величине водоудерживающей способности эквивалентны почти 290 г яблок, 390 г моркови или 1170 г огурцов). В то же время среди овощей и фруктов лидером по способности связывать воду является свекла (29,2 г воды/100 г), яблоки (20,2 г воды/100 г) и морковь (14,9 г воды/100 г) [3, 38, 47, 51, 176].

**Высокая сорбционная способность** пищевых волокон распространяется на достаточно широкий класс веществ. Механизм данного процесса заключается в следующем. На границе раздела твердой фазы с водой и водными растворами практически всегда возникает особое расположение электрических зарядов, называемое двойным электрическим слоем. Он состоит из внутренней и наружной обкладок. Ионы, входящие в слой твердой фазы, образуют внутреннюю обкладку. Противоионы, не входящие в состав твердой фазы и взаимодействующие с ней с помощью электростатических сил, образуют внешнюю обкладку. Они находятся в динамическом равновесии с ионами раствора, обмениваясь в эквивалентном

количестве на ионы того же знака, находящиеся в растворе. Поглотители, содержащие кислые группировки (сульфогруппы, карбоксильные группы и др.), адсорбируют катионы и называются катионитами, основные группы (аминогруппы) – анионитами. Способность поглощать то или иное количество ионов зависит от природы поглотителя [46].

Таким образом, физико-химические свойства пищевых волокон в значительной степени связаны с их природой, зависящей от сырья, из которого они получены. В связи с этим изыскание новых видов сырьевых источников для получения пищевых волокон с высокими технофункциональными свойствами является актуальным.

#### **1.4 Действие пищевых волокон на организм человека**

Все перечисленные пищевые волокна имеют одно основное свойство – адсорбция (способность удерживать воду). При этом адсорбирующее воздействие волокон не останавливается на желудке. Продвигаясь через двенадцатиперстную кишку, где на пищу оказывает воздействие желчь, пищевые волокна активно связывают вещества, входящие в ее состав (билирубин, желчные кислоты, холестерин), мешая тем самым созданию камней в желчном пузыре, и положительно влияют на липидный состав крови. При переваривании пищи, если в ней находятся пищевые волокна, разрыхляются каловые массы и значительно ускоряется их продвижение по кишечнику. К примеру, человеку, склонному вести малоподвижный образ жизни и страдающему запорами довольно ввести в суточный рацион 20–25 г пищевых волокон, и через некоторое время у него восстанавливается регулярное опорожнение кишечника. При этом происходит меньший контакт токсичных продуктов, канцерогенов со слизистой оболочкой желудка, что ведет к заметному снижению риска поражения опухолевыми заболеваниями толстой кишки. Неусвоенные организмом волокна являются отличным питанием для микрофлоры кишечника, и это способствует увеличению численности полезных бактерий, поддерживает способность сопротивляться вредным, болезнетворным микроорганизмам. Этот факт важен для пожилых

людей, так как с возрастом микрофлора кишечника становится гнилостной [42, 50, 70, 159].

Какую роль волокна могут оказывать на обмен веществ в организме в целом?

- Благодаря химическому составу ПВ не расщепляются и не всасываются в кровь, другими словами, не оказывают активного воздействия на обмен веществ. По этой причине блокируют всасывание поступающих с пищей или образующихся при ее переваривании токсических веществ.

- Пищевые волокна способствуют работе органов – кишечника, почек и печени, отвечающих за «чистоту» нашей внутренней среды, – и выведению шлаков, представляющих собой продукты жизнедеятельности.

- ПВ, содержащиеся в пище, быстрее вызывают чувство насыщения, в связи с чем человек потребляет меньшее количество углеводов и энергоемких жиров. Доказано, что излишнее количество насыщенных жирных кислот и холестерина является фактором возникновения атеросклероза, создания холестериновых бляшек на стенках сосудов, ишемической болезни сердца и других тяжелых заболеваний. Эндогенный холестерин не только попадает к нам с пищей, но и имеет свойство синтезироваться непосредственно в организме. Этот синтез проходит в печени из всосавшихся из кишечника желчных кислот. Особенное внимание необходимо уделить пектину, который активно связывает желчные кислоты, тем самым помогая изъятию их из печеночно-кишечного кругооборота. Его свойства позволяют снизить уровень желчных кислот и эндогенного холестерина.

- Бескалорийные волокна позволяют легко контролировать калорийность рациона, а значит, и собственный вес.

- Предотвратить процесс гниения остатков пищи помогает клетчатка, так как она поддерживает слабокислую среду в кишечнике и уменьшает время контакта слизистой оболочки кишечника с токсическими веществами, поступающими с пищей или формирующимися в ходе пищеварения, что особенно важно при профилактике злокачественных опухолей в кишечнике [63, 65, 158].

Эти полезные свойства характеризуют ПВ в качестве необходимых компонентов питания, уникального природного сорбента, при этом ПВ способны выполнять функцию регулятора деятельности пищеварительного тракта, корректора нарушений углеводного и жирового обмена.

Рекомендуется употреблять 15–25 г пищевых волокон в сутки. Богатым источником пищевых волокон являются фрукты, овощи, неочищенный рис, хлеб и макаронные изделия из непросеянной муки, каши и хлопья для завтрака, орехи, семечки и отруби. Особенно много волокон содержится во фруктах, овощах, бобах и овсе.

### **1.5 Применение пищевых волокон при производстве продуктов питания**

В качестве пищевой добавки пищевые волокна используются в различных отраслях пищевой промышленности при изготовлении широкого ассортимента продуктов повышенной биологической ценности, включая продукты питания функционального назначения.

Согласно заключению ВНИИ мясной промышленности пищевые свекловичные волокна могут быть использованы при выработке вареных колбас, рубленых полуфабрикатов и пельменей. Гидратированные волокна при этом используются взамен до 10 % мясного сырья. В частности, разработана рецептура и технология вареных колбас «Здоровье» с осветленными свекловичными волокнами. Промышленная апробация их проведена на мясокомбинате «Антарес» (г. Орехово-Зуево) [93, 115, 155].

Пищевые волокна нашли применение и в молочной промышленности. Выпущены первые партии паст творожных с волокнами, нормализующих обмен веществ и улучшающих работу органов пищеварения, а также напитков кисломолочный с волокнами. Промышленное производство кисломолочного напитка «Доктор Айболит» со свекловичными волокнами освоено в Челябинской области на ОАО «Молочный вкус» [66, 104, 142].

Пищевые волокна могут найти применение в кондитерской промышленности. К примеру, в НИИ кондитерской промышленности определены

нормы потребления ПВ с мучными кондитерскими изделиями – 5–7 г/сут, показаны оптимальные пределы применения волокон в кондитерских изделиях – 4 % – 12 % – в зависимости от состава, найдено оптимальное содержание пищевых волокон в конфетных массах типа пралине. Применение ПВ уменьшило сахароемкость изделий на 10 кг в 1 т конфет, позволило понизить калорийность произведенных изделий. Были проведены производственные испытания по выработке опытных партий конфет со свекловичными волокнами на Загорской кондитерской фабрике. Установлено, что свекловичные волокна могут применяться при изготовлении хлебобулочных изделий, в том числе профилактического назначения, при производстве готовых блюд, горчицы, соусов, кетчупов, супов, изделий рыбной и консервной промышленности. При этом наблюдается снижение калорийности изделий, повышение их биологической ценности, экономия дорогостоящего основного сырья [62, 78, 83].

Наиболее перспективными видами обогащаемых пищевых продуктов являются хлеб и хлебобулочные изделия, ежедневно употребляемые в пищу.

Особый интерес для улучшения качества, пищевой и биологической ценности, а также для расширения ассортимента хлеба и хлебобулочных изделий представляют пищевые свекловичные волокна.

В состав пищевых свекловичных волокон входят растительные и животные белки, полифенольные соединения, растворимые пектины, углеводы, представленные моно-, ди- и полисахаридами. Внесение в тесто пищевых свекловичных волокон позволяет увеличить содержание незаменимых аминокислот, таких как лизин, триптофан, лейцин, метионин, фенилаланин, треонин, валин, а также получить сбалансированный оптимальный аминокислотный состав готовых хлебобулочных изделий. Содержание в пищевых свекловичных волокнах макроэлементов и витаминов позволяет удовлетворить суточную потребность в пищевых и биологически активных веществах (в % от адекватного уровня потребления): магния – на 62,5 % – 65 %; кальция – 50 % – 52 %; фосфора – 79,5 % – 80 %; натрия – 39 % – 40 %; калия – 12 % – 15 %; витаминов: В<sub>1</sub> – 100 %; В<sub>2</sub> – 18 % – 20 % и биотина – на 100 % [187, 190].



Известно, что внесение в тесто пищевых волокон влияет на биологические, коллоидные и микробиологические процессы, происходящие в тесте. Установлено также положительное влияние пищевых волокон на укрепление белково-протеиназного комплекса муки, что ведет к увеличению формоустойчивости подовых изделий и улучшению структурно-механических свойств мякиша, а также к сохранению свежести готовых изделий.

Благодаря высокой водосвязывающей и водоудерживающей способности свекловичных пищевых волокон в составе мучных кондитерских изделий обеспечивается увеличение выхода продукта, замедляется процесс черствения и продлевается срок хранения продукта [66, 171, 177, 189].

Внесение пищевых свекловичных волокон влияет на накопление кислот в тестовых полуфабрикатах и в то же время улучшает их клейковинный каркас. Кроме того, пищевые свекловичные волокна частично снабжают организм энергией, выводят ряд метаболитов пищи и загрязняющих веществ, регулируют физиологические, биохимические процессы в органах пищеварения [85, 111]. Пищевые волокна, добавленные в продукты питания, усиливают внутрикишечный синтез витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР и фолиевой кислоты кишечными бактериями, ускоряют время прохождения пищи по пищеварительному тракту.

В региональном производственном Центре «Щедрый хлеб» (г. Краснодар) свекловичные волокна были использованы в рецептуре продукта функционального питания «Мамин хлеб» из проросшего цельномолотого зерна.

Кубанским государственным технологическим университетом разработаны способы производства кекса функционального назначения и диетических вафельных изделий с добавлением свекловичных волокон. Эти изобретения позволяют получить изделия функционального назначения пониженной калорийности и жироемкости, а также расширить ассортимент мучных кондитерских изделий функционального назначения [141, 157].

Использование пищевых волокон в питании одобрено организациями здравоохранения многих стран, такими как Комиссия по надзору за продовольствием и лекарственными средствами, Американская ассоциация

кардиологов, Европейская комиссия по функциональным пищевым продуктам, Министерство здравоохранения Японии. В Российской Федерации вопросами применения пищевых волокон занимается Роспотребнадзор.

Таким образом, в структуре ассортимента пищевых продуктов, несмотря на разнообразие и широту, происходят непрерывные изменения. Если раньше потребители отдавали предпочтение в основном привлекательному внешнему виду и вкусовым качествам продукции, то сегодня – ее полезным для здоровья свойствам. Именно поэтому сейчас все большую популярность приобретают содержащие добавки продукты, в которых сохраняются все их основные вещества, в том числе пищевые волокна.

### **Заключение по обзору литературы**

Рассматривая перспективы применения обессахаренной свекловичной стружки в качестве сырья для получения растительных волокон пищевого достоинства, следует учитывать увеличивающиеся с каждым годом темпы роста объемов переработки сахарной свеклы, которые подразумевают увеличение отходов производства в виде жома.

С технологической точки зрения использование обессахаренной свекловичной стружки (жома) при производстве ПВ ведет к снижению количества данного побочного продукта свеклосахарного производства, что в свою очередь является благоприятным обстоятельством в защите окружающей среды. Вследствие этого разработка промышленных технологий получения ПВ из обессахаренной свекловичной стружки и практическое применение их в производстве продуктов функционального назначения является актуальным.

Данные научной литературы показали, что известные технологии производства пищевых волокон из растительного сырья имеют различные недостатки: сложность получения, высокая стоимость и токсичность используемых способов очистки, в том числе и в связи с использованием сложных установок, дорогостоящих химически агрессивных препаратов. Вот почему особенно актуальными становятся разработки новых технологий получения пищевых

волокон с использованием пищевых химических реагентов, с повышенной сорбционной и водопогложительной способностью, улучшенными технологическими характеристиками, позволяющими при практическом их применении не только обогатить конечный продукт пищевыми волокнами, но и улучшить физико-химические свойства полуфабрикатов и готовой продукции.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1 Организация работы и схема проведения эксперимента

Экспериментальные исследования проводили в условиях лабораторий кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета учебно-научно-производственного комплекса, инновационного научно-исследовательского испытательного центра Орловского Государственного аграрного университета, а также в аккредитованном испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области», в промышленных условиях и лабораториях предприятий ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский», ООО «Звягинский крахмальный завод», ООО «Колпнянский хлебозавод».

Пищевые волокна из обессахаренной свекловичной стружки получали кислотно-температурным способом в условиях лаборатории кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета учебно-научно-производственного комплекса, ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский» и экструзионным способом на ООО «Звягинский крахмальный завод».

Гигиеническую оценку качества пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки проводили совместно с испытательным лабораторным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области».

В медико-биологических исследованиях на лабораторных животных использовалась генетически контролируемая закрытая колония линейных аутбредных мышей CD-1 (самцы массой 25–32 г) вивария Инновационного научно-исследовательского испытательного центра Орловского государственного аграрного университета. В эксперименты отбирались только клинически здоровые особи. Контрольная и опытные группы формировались случайным выбором из равнозначных по массе животных. Животных содержали на стандартном рационе

с достаточным количеством воды согласно ветеринарному законодательству и в соответствии с требованиями по гуманному содержанию и испытанию лабораторных животных [80, 124, 153].

Опытным группам животных включали в рацион пробы пищевых волокон. Контрольная группа содержалась на стандартном рационе. Пересчет дозировки пищевых волокон, используемых в эксперименте, осуществляли на дозировку, рекомендованную для человека в соответствии с рекомендациями [74, 170]. Дозировка пищевых волокон составила  $32 \cdot 10^{-3}$  на 1 г живого веса мыши. Длительность кормления составила 15 суток, в одну экспериментальную группу входило 10 особей. Для оценки общего состояния животных на 1-й, 7-й и 15-й день эксперимента контролировали массу подопытных животных. По окончании эксперимента животных усыпляли эфиром [116]. Кровь у лабораторных мышей брали из сердца. Влияние пищевых волокон оценивали по их влиянию на копрологические показатели микрофлоры толстого кишечника (общий вид, количество лактобактерий, бактерий группы кишечной палочки и дрожжеподобных грибов) в соответствии с рекомендациями [74, 112]. Биохимический и гематологический анализ крови подопытных животных (содержание общего белка, глюкозы, холестерина и гемоглобина) определяли в соответствии с рекомендациями [182].

Приготовление теста осуществляли в лабораторных условиях кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета учебно-научно-производственного комплекса и условиях ООО «Колпнянский хлебозавод». Для приготовления теста рассчитывали потребное количество сырья (ржаной, пшеничной муки, пищевых волокон, воды, соли и дрожжей, закваски), определяли влажность муки, рассчитывали температуру воды для замеса теста.

В лабораторных условиях замес теста осуществляли вручную, брожение – в лабораторном расстойном шкафу, выпечку – в лабораторной печи. В условиях ООО «Колпнянский хлебозавод» замес теста осуществляли в тестомесильной машине Л4-ХТИ-2Б, брожение теста – в условиях цеха, разделку тестовых заготовок –

вручную с использованием порционных весов, расстойку – в расстойном шкафу Р-93, выпечку – в печи ПР-200Г.

При приготовлении теста с пищевыми волокнами исследовали возможность замены пшеничной муки в рецептурах хлеба смесями ржаной и пшеничной муки.

Тесто для пшенично-ржаных и ржано-пшеничных сортов хлеба готовили на густой ржаной закваске. Густые закваски приготавливали в условиях лаборатории в соответствии с «Технологическими рекомендациями по применению сухого лактобактерина для приготовления хлебных заквасок», утвержденными Упрхлебпромом Минпищепрома СССР 28 декабря 1981 г. Рецептuru и режимы приготовления густой ржаной закваски в разводочном и производственном циклах соответствуют изложенным в технологических инструкциях [154].

Тесто для пшеничных сортов хлеба готовили безопасным способом.

Рецептуры экспериментальных образцов ржаного, пшеничного, пшенично-ржаного теста приведены в Приложении 16.

Расстойку и выпечку производили в соответствии с рекомендуемыми параметрами [154].

Схема организации работы приведена на рисунке 2.1.

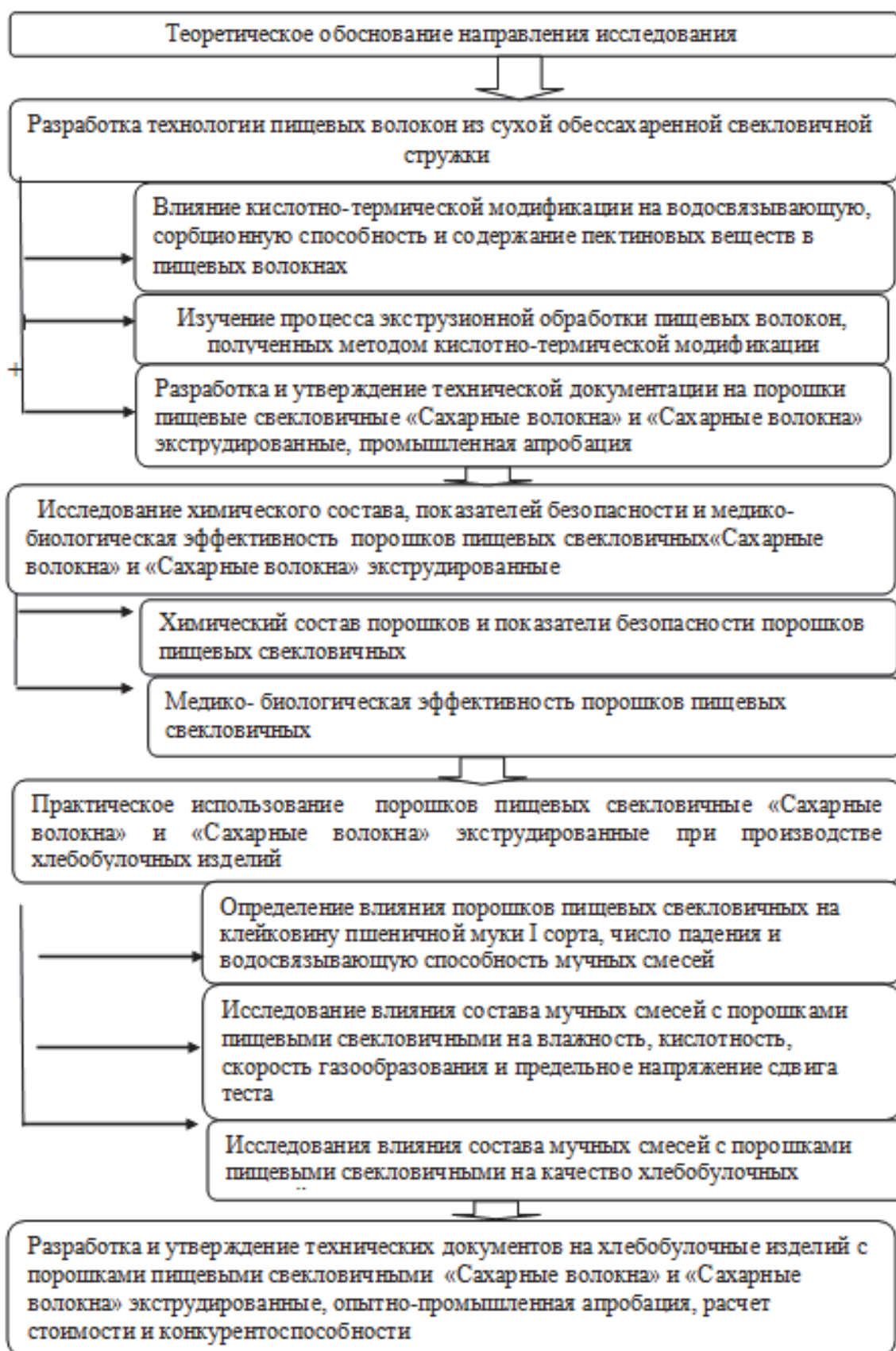


Рисунок 2.1 – Схема проведения эксперимента

## 2.2 Объекты исследования

Объектами исследований являлись:

- обессахаренная сухая свекловичная стружка по ГОСТ Р 54901-2012;
- пищевые волокна из обессахаренной свекловичной стружки;
- мука ржаная хлебопекарная обдирная по ГОСТ Р 52809-2007;
- мука пшеничная хлебопекарная I сорта по ГОСТ Р 52189-2003;
- крахмал кукурузный высшего сорта по ГОСТ Р 51985-2002;
- вода питьевая, соответствующая СанПиН 2.1.4.1074, ГОСТ Р 51232-98;
- соль поваренная пищевая по ГОСТ Р 51574-2000;
- дрожжи хлебопекарные прессованные по ГОСТ 171-81;
- мучные смеси с пищевыми волокнами и без них;
- тесто из мучных смесей с пищевыми волокнами и без них;
- хлебобулочные изделия из мучных смесей с пищевыми волокнами и без них.

Муку ржаную хлебопекарную обдирную и пшеничную хлебопекарную I сорта, задействованную в работе, анализировали в соответствии со следующими показателями:

- влажность по ГОСТ 9404-88;
- количество и качество клейковины пшеничной муки по ГОСТ 27839-2013;
- число падения муки по ГОСТ 27676-88.

Характеристика образцов муки, применявшихся при проведении исследований, приведена в таблицах 2.1, 2.2.

Дрожжи прессованные анализировали по скорости подъема теста, определяемой по ГОСТ 171-83 и по методу всплывающего шарика, описанного в руководстве [59]. Показатели качества заквасок отличались стабильностью, густые ржаные закваски имели влажность  $50\pm 2$  %, кислотность  $14\pm 1$  град., подъемную силу  $30\pm 5$  мин.

Остальное дополнительное сырье оценивали органолептически.



Таблица 2.1 – Показатели качества пшеничной муки

№ образца	Сорт муки	Массовая доля влаги, %	Содержание клейковины, %	Число падения, сек.	Цвет
1	Мука пшеничная хлебопекарная I с	12,5	25	182	Белый с сероватым оттенком
4	Мука пшеничная хлебопекарная I с	13,0	25	185	Белый с сероватым оттенком
3	Мука пшеничная хлебопекарная I с	14,0	23,6	176	Белый с сероватым оттенком
4	Мука пшеничная хлебопекарная I с	13,0	25	180	Белый с сероватым оттенком

Таблица 2.2 – Показатели качества ржаной муки

№ образца	Сорт муки	Массовая доля влаги, %	Число падения, сек.	Цвет
1	Ржаная обдирная	12,5	101,5	Серовато-белый
2	Ржаная обдирная	13,0	148,2	Серовато-белый
3	Ржаная обдирная	14,0	110,4	Серовато-белый
4	Ржаная обдирная	12,5	130	Серовато-белый

### 2.3 Методы исследования

Пищевые волокна, мучные смеси, тесто и изделия из него исследовались следующим образом.

Пищевые волокна:

- органолептические показатели – по ГОСТ 13340.1;
- массовая доля влаги – по ГОСТ 28561;
- активная кислотность – по ГОСТ 26188;
- массовая доля металломагнитной примеси, зараженность и загрязненность вредителями хлебных запасов – по ГОСТ 13340.2;
- крупность помола – по ГОСТ 13340.1;
- минеральные примеси – по ГОСТ 27558;
- редуцирующие сахара – по ГОСТ 8756.13-87;
- клетчатка – методом Кюшнера и Ганека, основанным на последовательной обработке навески исследуемого продукта окисляющими и гидролизующими реагентами – смесью азотной и уксусной кислот [113];
- лигнин – по методике, основанной на выделении его путем кислотного гидролиза в виде нерастворимого осадка [113];
- холоцеллюлоза, представляющая собой смесь целлюлозы и гемицеллюлозы, – весовым методом после делигнификации навески надуксусной кислотой [113];
- пектиновые вещества – по методике, основанной на перевождении различных пектиновых веществ в раствор, превращении их в пектовую кислоту, осаждении последней в виде кальциевой соли и учете весовым методом [113];
- массовая доля золы – по ГОСТ 15113.8;
- аминокислотный состав порошка – хроматографическим методом на анализаторе ААА-339 по ГОСТ 32192-2013;

- водосвязывающую способность пищевых волокон (ВСС) рассчитывали как отношение массы воды, связанной продуктом, к исходной массе последнего<sup>1</sup>;
- сорбционная способность была принята как разность между показателями преломления раствора до и после экстракции пищевыми волокнами  $\text{NaNO}_3$ <sup>2</sup>;
- подготовка проб для определения содержания токсичных элементов – по ГОСТ 26929;
- определение содержания токсичных элементов – по ГОСТ 26927, ГОСТ 26930, ГОСТ 26932, ГОСТ 26933, ГОСТ 30178, ГОСТ 30538;
- определение содержания пестицидов – по ГОСТ 30349, ГОСТ 30710;
- содержание радионуклидов – по ГОСТ Р 54015, ГОСТ Р 54016, ГОСТ Р 54017;
- содержания нитратов – по ГОСТ 29270;
- отбор и подготовка проб к микробиологическому контролю – по ГОСТ 31904, ГОСТ 26669;
- культивирование микроорганизмов и обработка результатов – по ГОСТ 26670;
- определение микробиологических показателей – по ГОСТ 31659, ГОСТ 31747, ГОСТ 10444.8, ГОСТ 10444.15, ГОСТ 10444.12;
- медико-биологические исследования проводились на лабораторных животных.

---

<sup>1</sup> При этом навеску продукта массой 1 г помещали во взвешенную центрифужную пробирку, добавляли 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и перемешивали в течение 1 минуты. Смесь оставляли в покое на 30 минут, после чего её центрифугировали 5 минут со скоростью 4000 мин<sup>-1</sup>. Неадсорбированную воду сливали и пробирки взвешивали.

<sup>2</sup> При этом брали навески продукта массой 0,5 г на технических весах точностью до 0,01 г и помещали в колбы, затем добавляли 50 см<sup>3</sup> растворов  $\text{NaNO}_3$  с соответствующими концентрациями. Сорбцию проводили в течение 30 минут при перемешивании. Растворы отфильтровывали через складчатый фильтр. Затем в исходных растворах и фильтрах определяли оптическую плотность на фотоэлектрокалориметре при длине волны 670 нм и длине рабочей грани кюветы 20 мм. В качестве раствора сравнения использовалась водная вытяжка из пищевых волокон. Калибровочный график для определения концентрации  $\text{NaNO}_3$  в растворе приведен в Приложении 4.

Мучные смеси:

- количество и качество клейковины смесей пищевых волокон и пшеничной муки – по ГОСТ 27839-2013;
- число падения – по ГОСТ 27676-88;
- водосвязывающая способность так же, как и пищевых волокон.

Тесто:

- влажность – экспресс-методом на приборе ПИВИ-1 [82];
- титруемая кислотность – методом титрования гидроокисью натрия в присутствии фенолфталеина [82];
- газообразующая способность – волюмометрическим методом [82];
- предельное напряжение сдвига – с помощью автоматизированного пенетрометра АП-4/2 [82].

Хлебобулочные изделия:

- влажность – по ГОСТ 21095-75,
- титруемая кислотность – по ГОСТ 5670-51;
- пористость – по ГОСТ 5669-96;
- удельный объем – по принципу вытесненного объема сыпучего заполнителя [82];
- структурно-механические свойства мякиша – на пенетрометре АП-4/2 [82];
- выход изделий определяли производственной пробной выпечкой, описанной в методике [82].

Отдельные специальные методы анализа приведены в разделах экспериментальных исследований.

## **2.4 Математические методы планирования эксперимента, обработки результатов исследований и оптимизации**

Достоверность полученных результатов, научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивалась применением современных методов теоретических и экспериментальных исследований, математических методов планирования и обработки экспериментальных данных, современных измерительных приборов, подтверждается совпадением результатов лабораторных и промышленных испытаний и базируется на критериях практической ценности и применимости целевого продукта.

Проведение экспериментальных исследований потребовало проведения опытов с 3–5-кратной повторностью. Средние арифметические значения представлены в виде доверительного интервала в таблицах. В работе применяли центральное композиционное ротатабельное планирование. Построение плана эксперимента, получение математических зависимостей и регрессионный анализ полученных моделей осуществляли с помощью Statistica 12.0. Определение оптимальных параметров осуществляли методом неопределенных множителей Лагранжа с помощью программного пакета Maple 2015. Статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили с использованием программного комплекса Microsoft Office Excel 2013. При статистической обработке экспериментальных данных рассчитывали среднее арифметическое значение показателей и их стандартные ошибки. О статистической значимости показателей у сравниваемых групп животных судили по критерию Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

### ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ СУХОЙ ОБЕССАХАРЕННОЙ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ

В известных способах получения пищевых волокон из сахарной свеклы, разработанных ранее, используется свекловичный жом. Свекловичный жом является побочным продуктом процесса производства свекловичного сахара, представляя собой обессахаренную свекловичную стружку (80 % – 82 % от массы переработанной сахарной свеклы с содержанием сухих веществ около 6,5 % – 7,0 %).

Целесообразность применения сухой ОСС для получения пищевых волокон обусловлена следующим. Свекловичная стружка (сырой свекловичный жом) по завершении процесса обессахаривания в диффузионном аппарате имеет низкое содержание сухих веществ (26% – 27 % СВ), подвержена микробиологической порче, содержит активную полифенолоксидазу, имеет специфический свекловичный запах и вкус. При высушивании продолжительность термической обработки отжатого жома достаточна для инактивации фермента полифенолоксидазы, удаления вкуса, привкуса и запаха, подавления жизнедеятельности мезофильных микроорганизмов. Дальнейшая кислотно-температурная обработка раствором уксусной кислоты дополняет достигаемый эффект. Растворы кислот обладают способностью разрушать структуру клеточных стенок [84, 173], повышая сорбционную способность пищевых волокон. Сухую обессахаренную свекловичную стружку получали в ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский».

В результате исследования состава сухой обессахаренной свекловичной стружки нами были получены следующие данные: массовая доля влаги – 10% – 12 %, активная кислотность – 5,0–5,5, водосвязывающая способность – 4,2 г/1 г, сорбционная способность – 0,020 г/дм<sup>3</sup>, пищевые волокна, в том числе: лигнин – 9 % – 10,5 %, холоцеллюлоза (целлюлоза+гемицеллюлоза) –

45,5 % – 49 %, пектиновые вещества (пектин/протопектин) – 1,9/19,6 %, редуцирующие сахара – 4,8 % – 5,8 %.

Далее получение пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки осуществляли в лабораторных условиях. Обессахаренную свекловичную стружку подвергали гидролизу раствором уксусной кислоты, которая способствует более полной инактивации фермента оксидазы, что при последующих операциях предотвращает потемнение волокон. По данным В.Г. Данилова с сотрудниками, в процессе обработки растительного сырья уксусной кислотой происходит частичная деструкция гемицеллюлоз и лигнина, переход протопектина в пектин, удаляется значительная часть низкомолекулярных веществ, что приводит к повышению удельной поверхности и сорбционной способности получаемых пищевых волокон по сравнению с исходным сырьем, а также улучшению их органолептических показателей [34]. Уксусная кислота, используемая для гидролиза и экстракции пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки, широко применяется в пищевой промышленности как регулятор кислотности, разрешена для использования в пищевых продуктах во всех странах в качестве безопасной для здоровья человека добавки. Вследствие этого стадия промывания свекловичной стружки после гидролиза раствором уксусной кислоты отсутствовала. После указанной обработки пищевые волокна из обессахаренной свекловичной стружки высушивали при температуре 90 °С в лабораторной сушилке до получения содержания сухих веществ в них 86 % – 88 %.

Цель эмпирического этапа исследования состояла в разработке технологии пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки, позволяющей получить продукт с высокими технофункциональными свойствами – сорбционной и водосвязывающей способностью и максимальным сохранением пектиновых веществ.

Эксперимент выполняли с помощью метода математического планирования эксперимента. Для построения математической модели исследовали влияние факторов: рН-среда (начальная) –  $X_1$ , продолжительность гидролиза –  $X_2$ , температура гидролиза –  $X_3$ . В качестве параметров оптимизации (выхода)  $Y$  были

приняты водосвязывающая и сорбционная способность пищевых волокон, а также содержание в них пектиновых веществ. Температуру и рН среды в эксперименте регулировали с помощью раствора уксусной кислоты с соответствующей температурой и рН. По данным В.Г. Данилова с сотрудниками, гидромодуль обработки сухого растительного сырья для получения пищевых волокон, дающий максимальный выход продукта, должен составлять 1:5 [34], что было использовано при проведении эксперимента. Концентрацию уксусной кислоты для приготовления раствора с соответствующим рН определяли в соответствии с калибровочным графиком, приведенным в Приложении 1. Условия эксперимента приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Пределы изменения факторов эксперимента

Условия планирования	Пределы изменения факторов		
	X <sub>1</sub> , рН	X <sub>2</sub> , продолжительность гидролиза, мин	X <sub>3</sub> , температура, °С
Основной уровень	5	40	50
Интервал варьирования	1	20	25
Верхний уровень (+1)	6	60	75
Нижний уровень (-1)	4	20	25
Верхняя звездная точка (+1,682)	6,68	73,64	92,04
Нижняя звездная точка (-1,682)	3,32	6,36	7,96

План и выходные данные экспериментов представлены в Приложении 2.

### **3.1 Влияние кислотно-термической модификации на водосвязывающую способность пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки**

Водосвязывающая способность является важным технофункциональным свойством сырья, влияющим на качество готовой продукции, ее выход [54].

По мнению ряда исследователей, повышенная водосвязывающая способность пищевых волокон оказывает положительное влияние на деятельность



желудочно-кишечного тракта [192, 214]. Это обусловлено увеличением массы содержимого кишечника, что ускоряет скорость транзита фекальных масс [200].

Водосвязывающая способность пищевых волокон связана со степенью гидрофильности и количеством присутствующих в них биополимеров, видом растительного сырья, из которого получают пищевые волокна, а также способом получения [50]. Известно, что основную часть компонентов пищевых волокон сахарной свеклы составляют целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин и лигнин [97].

Данные эксперимента (Приложение 2) были обработаны при помощи программы Statistica 12.0. Графическая интерпретация (в виде сечений) влияния исследуемых факторов на водосвязывающую способность (ВСС) пищевых волокон (ПВ) представлена на рисунках 3.1 – 3.3.

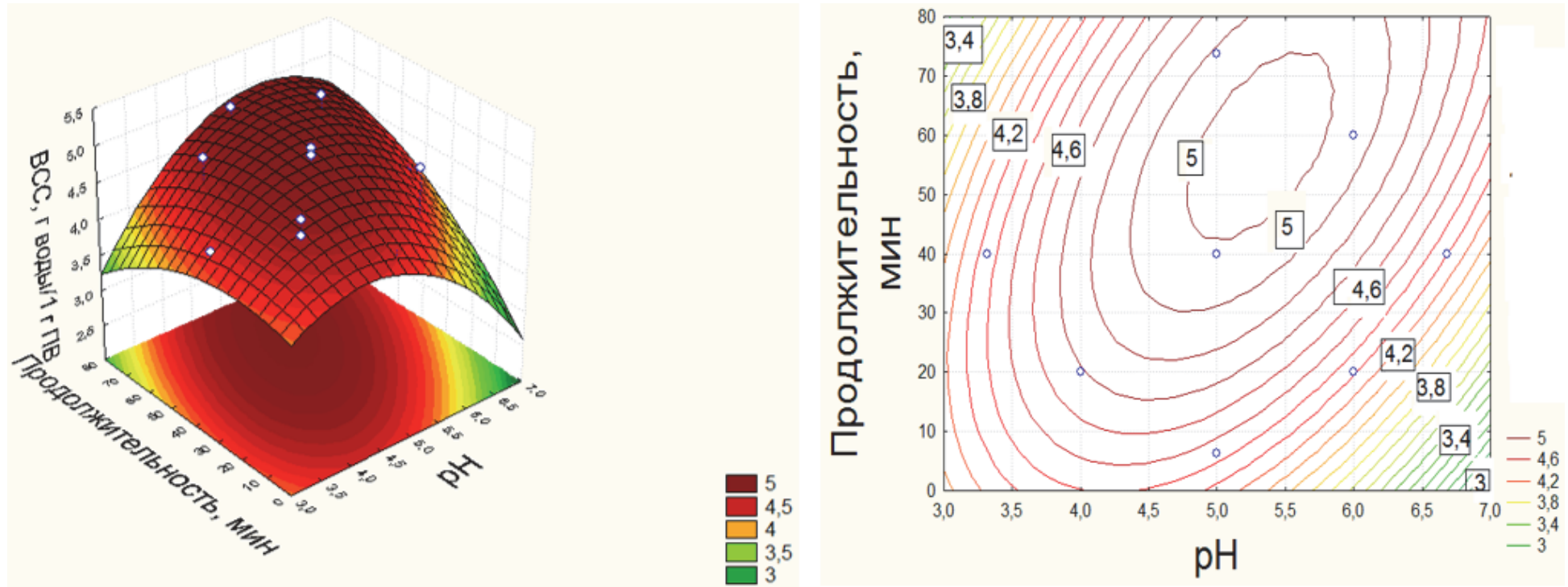


Рисунок 3.1 – Влияние pH среды ( $X_1$ ) и продолжительности гидролиза ( $X_2$ ) на водосвязывающую способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки

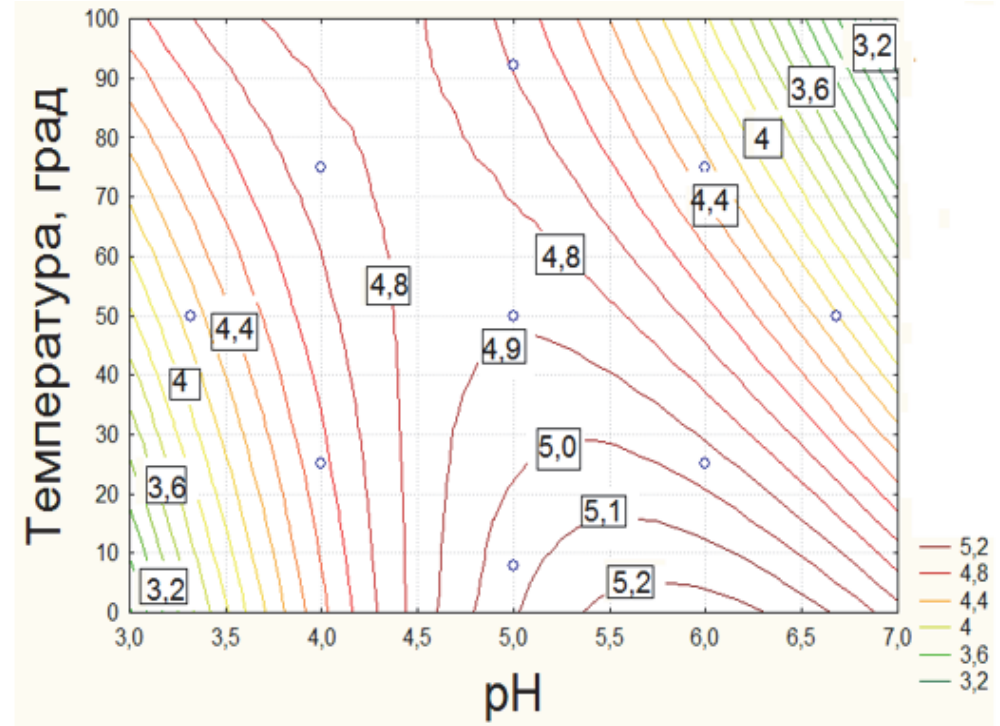
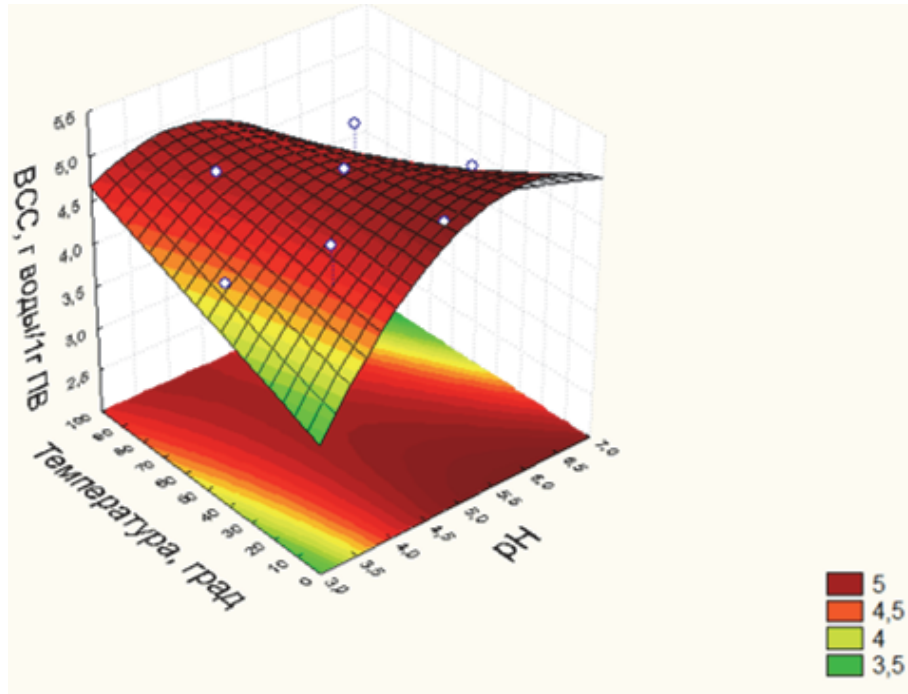


Рисунок 3.2 – Влияние pH среды (X<sub>1</sub>) и температуры (X<sub>3</sub>)  
на водосвязывающую способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки

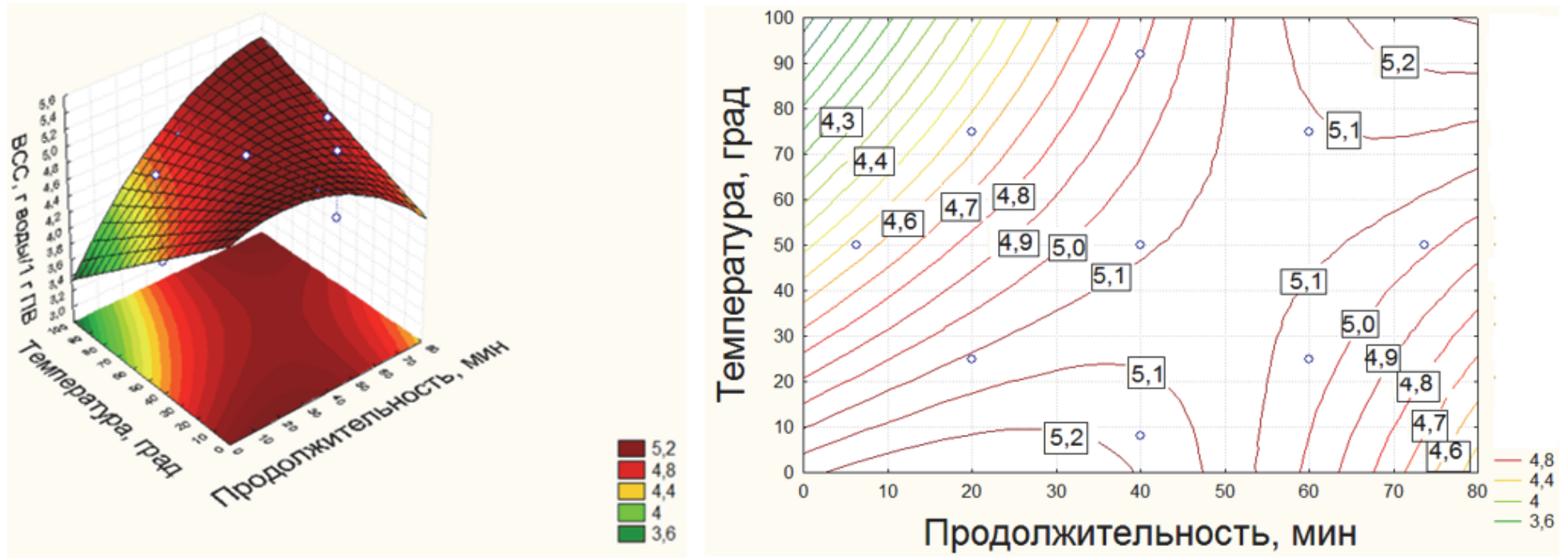


Рисунок 3.3 – Влияние продолжительности гидролиза ( $X_2$ ) и температуры ( $X_3$ ) на водосвязывающую способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки

Данные, представленные на рисунке 3.1, позволяют констатировать, максимальная водосвязывающая способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки (5 г/1г) наблюдается при рН от 4 до 6,5 и продолжительности гидролиза от 40 до 75 минут.

Результаты экспериментов, представленные на рисунке 3.2, показывают, что водосвязывающая способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки была максимальной (4,8–4,9 г/1г) при рН от 5 до 6,5. Поверхность отклика показывает, что увеличение водопоглотительной способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки наблюдается при снижении температуры гидролиза от 50 °С.

Данные на рисунке 3.3 представлены в виде графической зависимости типа минимакса. Такая зависимость показывает, что увеличение водосвязывающей способности обусловлена значительным влиянием совместного действия факторов. При этом водосвязывающая способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки увеличивается при высокой температуре (более 50 °С) и увеличении продолжительности гидролиза. А при снижении температуры менее 50 °С увеличение водосвязывающей способности требует меньшей продолжительности гидролиза.

Вероятно, при высоких температурах происходит частичная деструкция клеточных стенок обессахаренной свекловичной стружки под действием уксусной кислоты, которая приводит к увеличению удельной поверхности получаемых пищевых волокон, что положительно влияет на их водосвязывающую способность. При пониженных температурах (менее 50 °С) происходит переход протопектина в пектин, что также положительно сказывается на водосвязывающей способности. Данные факторы обуславливают необходимость дальнейшей многокритериальной оптимизации для подбора необходимого режима гидролиза обессахаренной свекловичной стружки с целью получения оптимальных технофункциональных свойств конечного продукта.

Таким образом, графическая интерпретация данных, приведенных на рисунках 3.1–3.3, показывает, что водосвязывающая способность пищевых

волокон имеет сложную зависимость от температуры гидролиза, что, по всей вероятности, обусловлено особенностью химического состава пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки. Более однозначно можно судить о влиянии рН-среды, которая находится в пределах от 5 до 6.

Статистическая обработка данных с помощью пакета прикладных программ Statistica 12.0 и исключения незначимых коэффициентов, позволила получить математическую модель второго порядка, адекватно описывающую процесс под влиянием исследуемых факторов:

$$Y = 4,99 - 0,23X_1^2 + 0,14X_2 + 0,175X_1X_2 - 0,2X_1X_3 + 0,175X_2X_3 \quad (3.1)$$

Регрессионный анализ зависимости водосвязывающей способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки от рН, температуры и продолжительности гидролиза представлен в Приложении 3.

Полученную математическую модель можно интерпретировать следующим образом.

1. Водопоглотительная способность пищевых волокон при рН, равном 5, продолжительности процесса, равном 40 минутам, и температуре 50 °С составляет 4,99 условных единиц.

2. Влияние температуры процесса ( $X_3$ ) является значимым при коэффициентах парного взаимодействия. При этом, как видно из представленной модели, отрицательное влияние на водопоглотительную способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки оказывает одновременное увеличение рН и температуры ( $-0,2X_1X_3$ ), что, вероятно, обусловлено разрушением при повышенной температуре и рН гидрофильных соединений (пектиновые вещества, белки, некоторые полисахариды гемицеллюлозы) [102, 103, 107]. При этом наблюдается положительное влияние увеличения температуры и продолжительности процесса ( $+0,175X_2X_3$ ). Это, вероятно, обусловлено необходимостью определенного времени экспозиции для частичной деструкции гемицеллюлозы и лигнина, что, приводя к повышению удельной поверхности, способствует увеличению гидрофильности этих компонентов.

3. Влияние рН-среды ( $X_1$ ) на изменение водосвязывающей способности

пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки не является линейным, что предполагает существование некоторого оптимума для влияния этого параметра, обусловленное изменением гидрофильности компонентов пищевых волокон в определенных границах рН [103].

4. Влияние продолжительности процесса ( $X_3$ ) в модели имеет положительные знаки при всех коэффициентах, включающих этот параметр, что показывает необходимость увеличения времени экспозиции для увеличения водопоглотительной способности пищевых волокон.

Выполним переход от кодированных значений факторов к натуральным, используя соотношение:

$$x_i = X_i \cdot \varepsilon_i + x_i^0, \quad (3.2)$$

где  $x_i$  – натуральное значение  $i$ -го фактора;

$X_i$  – кодированное значение  $i$ -го фактора;

$x_i^0$  – натуральное значение  $i$ -го фактора на основном уровне;

$\varepsilon_i$  – интервал варьирования  $i$ -го фактора.

Преобразование полученной математической зависимости с заменой кодированных величин фактическими позволило получить следующее уравнение:

$$Y = 0,33 + 3,8X_1 - 1,309X_2 + 0,65X_3 - 0,23X_1^2 + 0,175X_1X_2 - 0,2X_1X_3 + 0,0175X_2X_3 \quad (3.3)$$

Полученное уравнение (после постановки натуральных значений) можно использовать для вычисления водосвязывающей способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки при изменении режимов их обработки.

Таким образом, кислотно-термическая модификация сухой обессахаренной свекловичной стружки позволила увеличить водосвязывающую способность пищевых волокон по сравнению с исходным сырьем на 19,2 % – 20,7 %.

Результаты проведенных исследований представлены в работах, опубликованных автором [10, 101, 102, 104–107].

### **3.2 Влияние кислотно-термической модификации на сорбционную способность пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки**

Одним из важнейших свойств пищевых волокон является их способность сорбировать и выводить из организма ряд веществ. Это представляет интерес с точки зрения выведения из организма вредных веществ, в том числе тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов. Механизм данного процесса пока недостаточно ясен, однако не вызывает сомнения, что в его основе лежат катионообменные свойства пищевых волокон [46, 76].

Способность пищевых волокон к сорбции зависит от вида и способа получения пищевых волокон, рН-среды, температуры и др. и носит комплексный характер [54].

Для определения влияния кислотно-термической обработки на сорбционную способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки исследовали их способность к поглощению нитрата натрия ( $\text{NaNO}_3$ ) из водных растворов. Условия эксперимента приведены в таблице 3.1. Данные эксперимента были обработаны с помощью программы Statistica 12.0.

Графическая интерпретация (в виде сечений) влияния исследуемых факторов на сорбционную способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки представлена на рисунках 3.4–3.6.



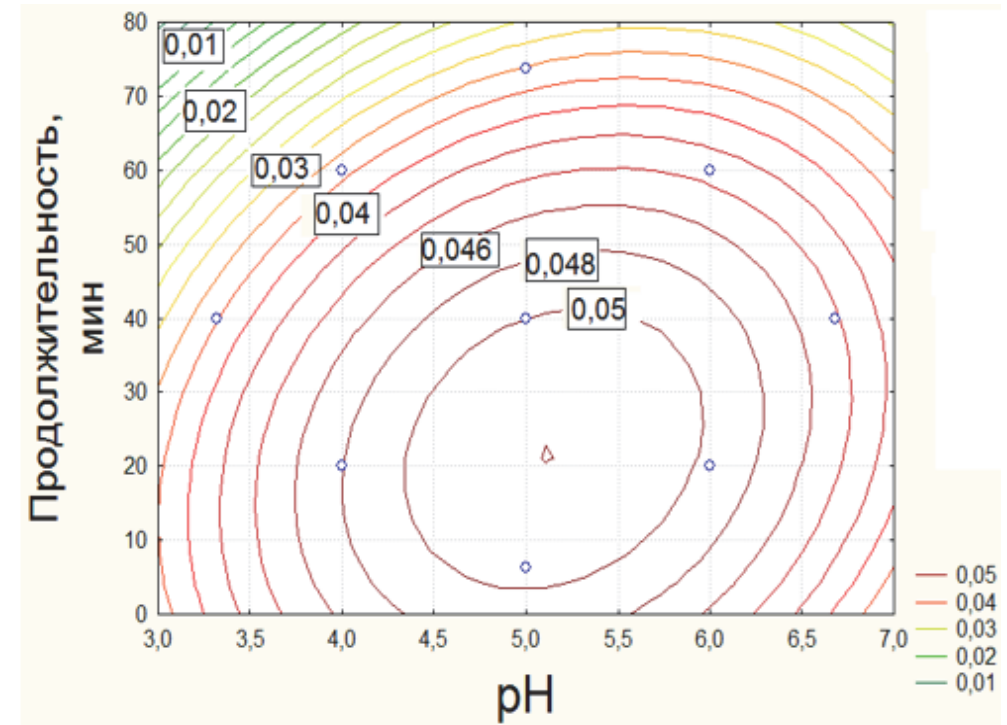
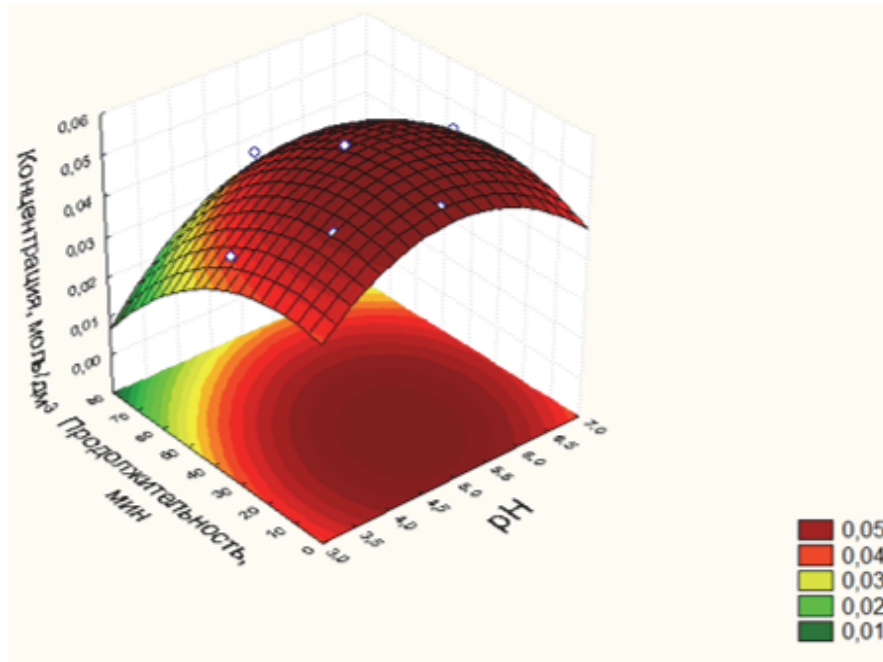


Рисунок 3.4 – Влияние pH среды (X<sub>1</sub>) и продолжительности гидролиза (X<sub>2</sub>) на сорбционную способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки

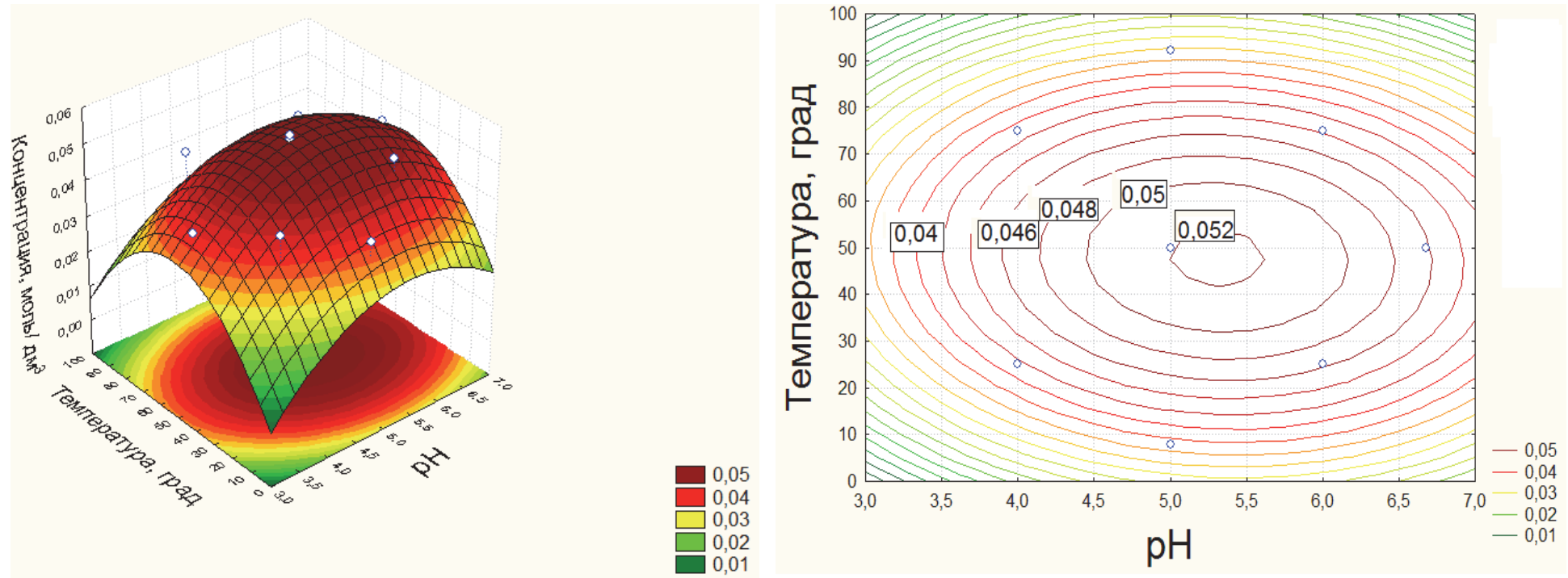


Рисунок 3.5 – Влияние pH среды ( $X_1$ ) и температуры ( $X_3$ )  
на сорбционную способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки

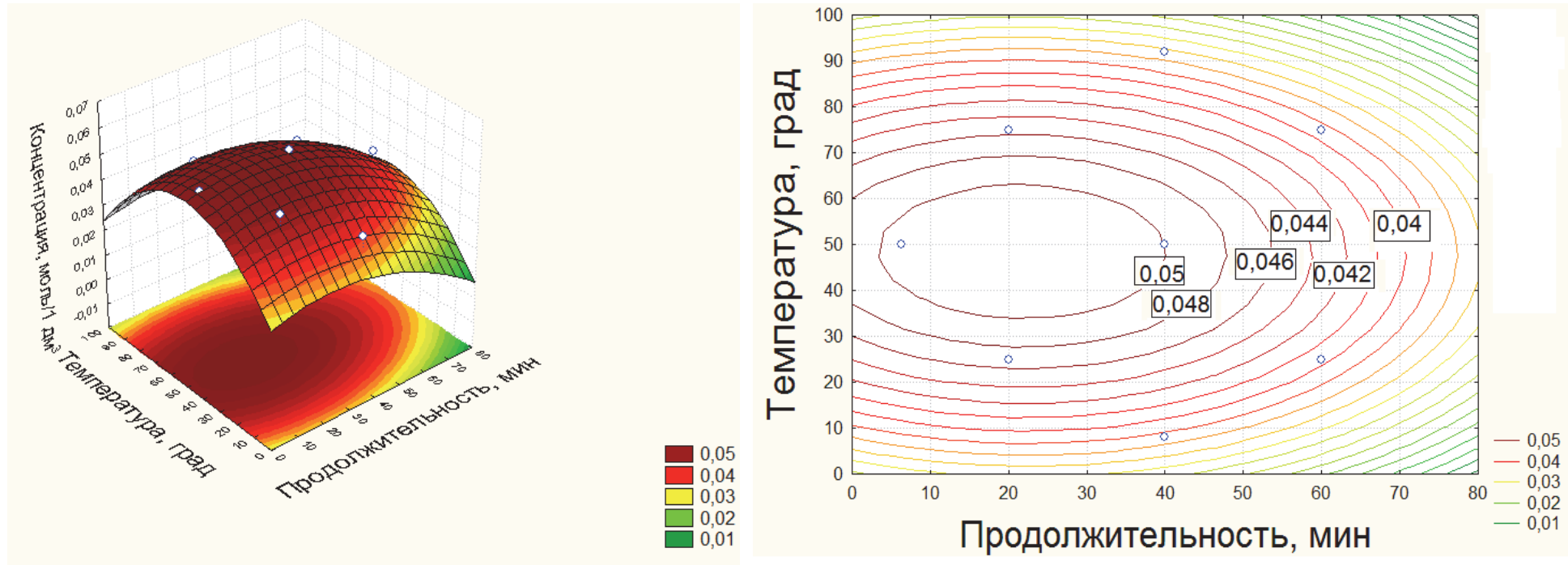


Рисунок 3.6 – Влияние продолжительности гидролиза ( $X_2$ ) и температуры ( $X_3$ ) на сорбционную способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки

Как видно из данных, представленных на рисунке 3.4, наибольшая сорбционная способность пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки (0,05 г/дм<sup>3</sup>) наблюдается при средних значениях pH от 4,5 до 5,5 и продолжительности гидролиза до 40 минут.

Результаты исследований, представленные на рисунке 3.5, показывают, что сорбционная способность пищевых волокон была максимальной (0,052 г/дм<sup>3</sup>) при pH от 4,5 до 5,5 и температуре от 30 до 60 °С. Как видно из данных, представленных на рисунке 3.6, сорбционная способность пищевых волокон была более высокой при продолжительности гидролиза до 40 минут.

Таким образом, графическая интерпретация данных, приведенных на рисунках 3.4–3.6 показывает, что сорбционная способность пищевых волокон в большей степени зависит от продолжительности гидролиза и pH-среды. При этом визуальная интерпретация данных обнаруживает, что максимальная сорбционная способность пищевых волокон наблюдается при pH от 4,5 до 5,5 и продолжительности гидролиза до 40 минут. Влияние температуры на сорбционную способность наиболее видно из рисунка 3.6, где максимум сорбционной способности (0,05 г/дм<sup>3</sup>) наблюдается при температуре от 30 до 60 °С.

Статистическая обработка данных с помощью пакета прикладных программ Statistica 12.0 позволила получить математическую модель второго порядка:

$$Y = 0,055 - 0,004X_1^2 - 0,005X_2 - 0,003X_2^2 - 0,007X_3^2 \quad (3.4)$$

Регрессионный анализ зависимости сорбционной способности пищевых волокон от pH, температуры и продолжительности гидролиза представлен в Приложении 5.

Интерпретация полученной модели показала следующее.

1. Сорбционная способность пищевых волокон при pH, равном 5, продолжительности процесса, равном 40 минутам, и температуре 50 °С составляет 0,055 условных единиц.
2. Значимыми оказались все квадратичные члены уравнения, что

свидетельствует о нелинейности процесса, а также предполагает существование оптимума сорбционной способности пищевых волокон вблизи центра эксперимента.

3. Значения всех коэффициентов – отрицательные, максимальный размер коэффициента – при факторе  $X_3$  (температуре процесса). Вероятно, отрицательное влияние всех параметров технологической обработки обусловлено разрушением компонентов пищевых волокон, обладающих сорбционной способностью (пектина, гемицеллюлоз, целлюлоз) [43, 103].

Пересчет кодированных значений в натуральное выражение позволили получить следующее уравнение:

$$Y = 0,57 - 0,004X_1 + 0,000075X_2 + 0,00014X_3 - 0,00005X_1^2 - 0,0000018X_2^2 - 0,0000028X_3^2 \quad (3.5)$$

Полученное уравнение можно использовать для вычисления сорбционной способности пищевых волокон при изменении режимов их обработки.

Таким образом, кислотно-термическая модификация сухой обессахаренной свекловичной стружки позволила увеличить сорбционную способность пищевых волокон по сравнению с исходным сырьем в 2–2,1 раза.

### **3.3 Влияние кислотно-термической модификации на содержание пектиновых веществ в пищевых волокнах из сухой обессахаренной свекловичной стружки**

Известно, что медленнее всего пектиновые вещества переходят в раствор в слабокислой среде. В нейтральной среде скорость перехода в 8 раз больше. Далее в кислую или щелочную сторону скорость гидролиза весьма быстро растет. Повышение температуры также ускоряет гидролиз протопектина, причем это ускорение становится особенно резким при температуре выше 80 °С. С увеличением продолжительности нагревания в начале растворение пектиновых веществ растет пропорционально времени, но при большей длительности скорость растворения начинает значительно ускоряться [156]. В связи с этим режимы получения пищевых волокон будут оказывать значительное влияние на экстракцию из них пектиновых веществ. Графическая интерпретация влияния

исследуемых факторов на содержание водорастворимых пектиновых веществ в пищевых волокнах представлена на рисунках 3.7–3.9.

Условия эксперимента представлены в таблице 3.1.

План и выходные данные экспериментов представлены в Приложении 2.

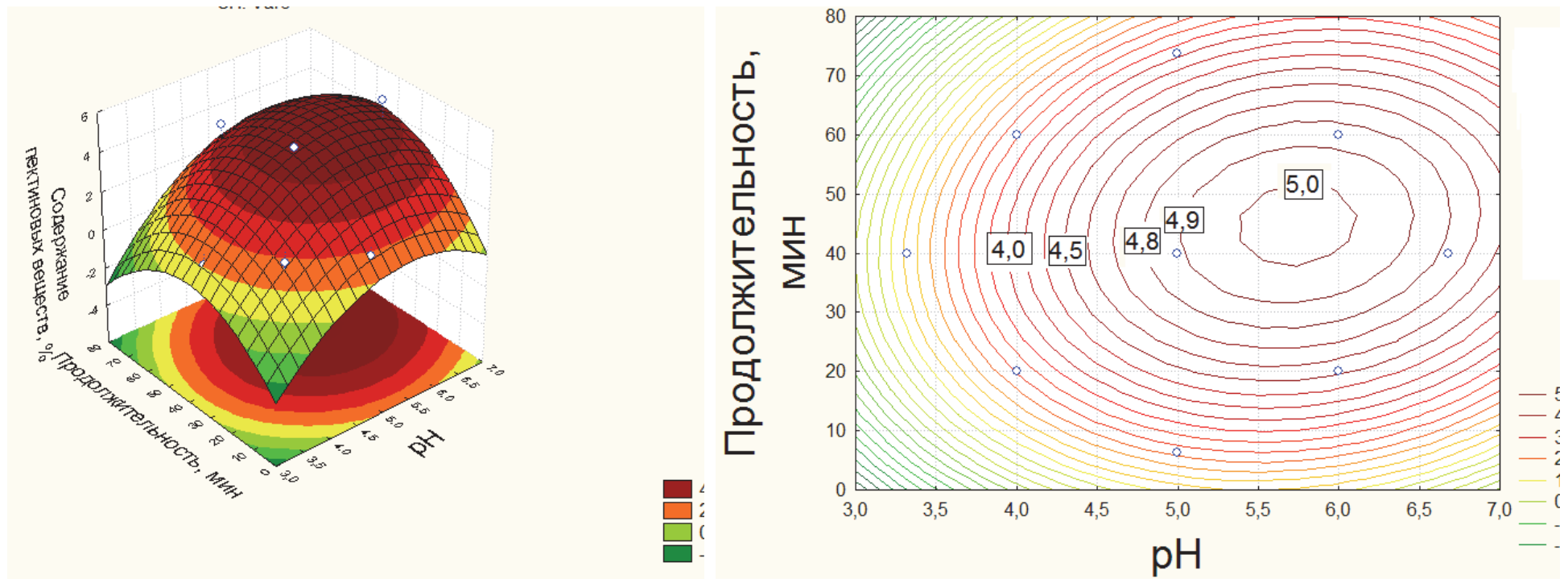


Рисунок 3.7 – Влияние pH среды ( $X_1$ ) и температуры ( $X_3$ )

на содержание водорастворимых пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки

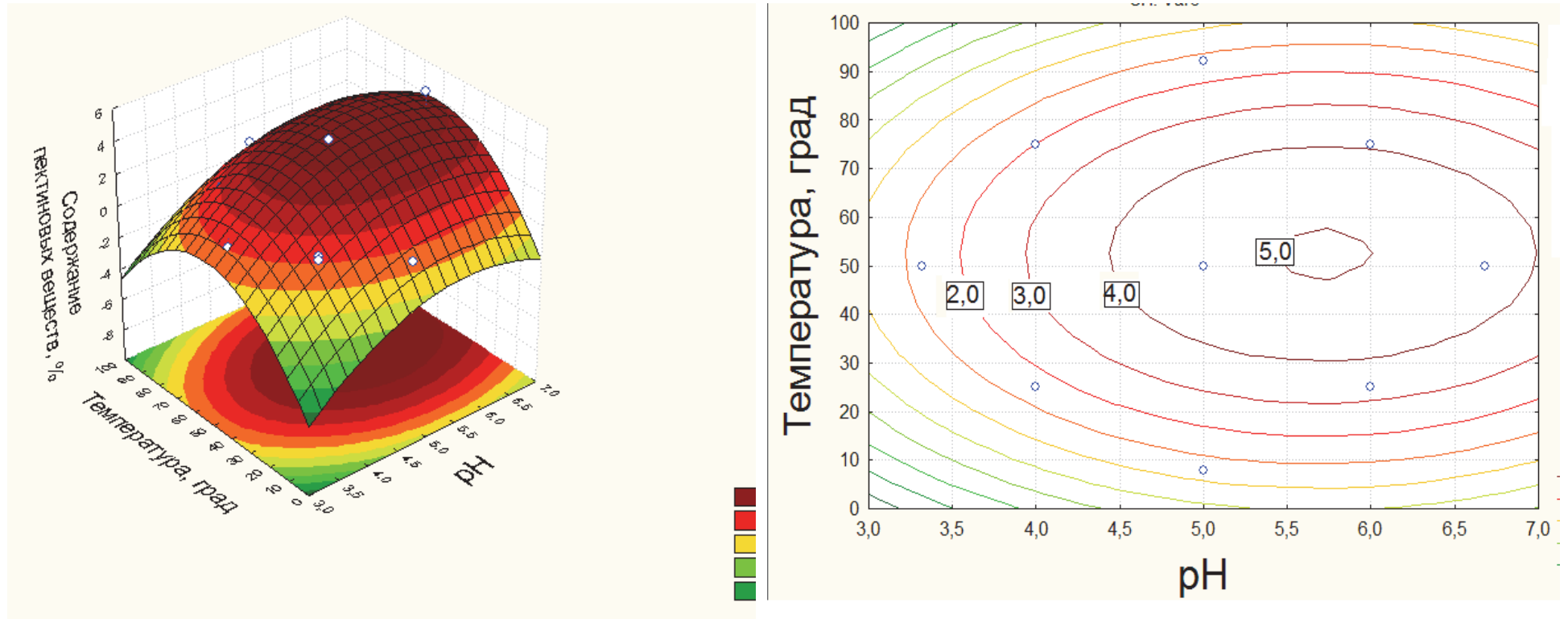


Рисунок 3.8 – Влияние продолжительности гидролиза ( $X_2$ ) и температуры ( $X_3$ ) на содержание водорастворимых пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки



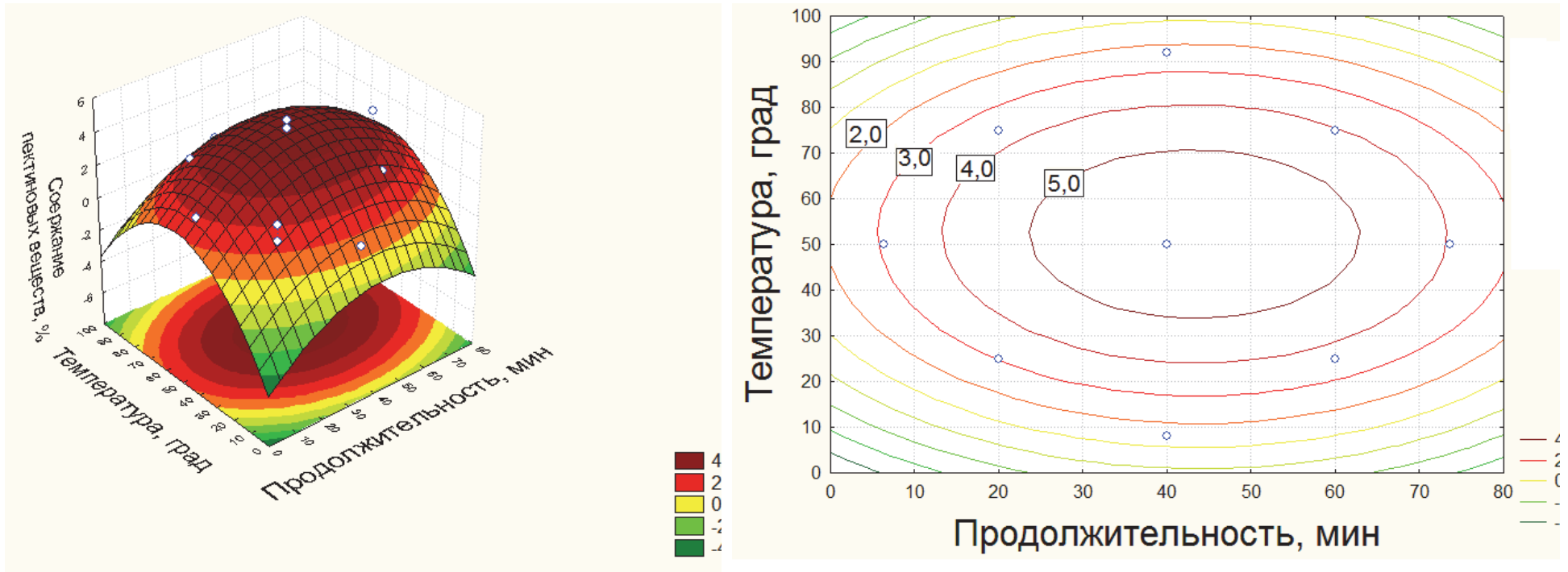


Рисунок 3.9 – Влияние продолжительности гидролиза ( $X_2$ ) и температуры ( $X_3$ )

на содержание водорастворимых пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки

Данные рисунка 3.7 показывают, что максимальное количество водорастворимых пектиновых веществ (5,0 %) в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки наблюдалось при рН от 4,5 до 5,5 и продолжительности гидролиза от 20 до 60 минут. Это соответствует данным, проведенными другими исследователями [101, 103, 156].

Как видно из данных, приведенных на рисунке 3.8, содержание пектиновых веществ является максимальным при рН от 4,5 до 5,5, при температуре от 40 до 75 °С.

Данные рисунка 3.9 показывают, что пектиновые вещества в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки лучше сохраняются при температуре от 40 до 75 °С и продолжительности гидролиза от 30 до 60 минут.

Таким образом, графическая интерпретация экспериментальных данных показала, что максимальное содержание пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки наблюдается при рН от 4,5 до 5,5, температуре от 40 до 75 °С, продолжительности гидролиза до 70 минут.

Статистическая обработка данных с помощью пакета прикладных программ Statistica 12.0 позволила получить математическую модель второго порядка, адекватно описывающую процесс под влиянием исследуемых факторов:

$$Y = 4,72 + 0,92X_1 - 0,65X_1^2 - 0,771X_2^2 - 1,35X_3^2 \quad (3.6)$$

Регрессионный анализ зависимости содержания пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки от рН, температуры и продолжительности гидролиза представлен в Приложении 6.

Интерпретация полученной модели показала следующее.

1. Содержание пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки при рН, равном 5, продолжительности процесса, равном 40 минутам, и температуре 50 °С составляет 4,72 усл. ед.

2. В полученном уравнении значимыми оказались все квадратичные члены уравнения, что свидетельствует о нелинейности процесса, а также предполагает существование оптимума рН, температуры и продолжительности гидролиза для сохранения пектиновых веществ. Форма поверхностей отклика

показывает наличие этого оптимума вблизи центра эксперимента.

3. Значения всех квадратичных коэффициентов – отрицательные, максимальный размер коэффициента – при факторе  $X_3$  (температуре процесса), определяющем максимальный вклад в нарушение пектиновых веществ при получении пищевых волокон.

Пересчет кодированных значений позволил получить уравнение, пригодное для регулирования содержания пектиновых веществ при изменении технологических режимов обработки:

$$Y = -16,66 + 7,72X_1 + 0,01925X_2 + 0,027X_3 - 0,65X_1^2 - 0,00048X_2^2 - 0,00054X_3^2 \quad (3.7)$$

Результаты проведенных исследований представлены в работах, опубликованных автором [10, 101–106].

### **3.4 Разработка технологии пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки кислотнo-термическим способом**

Для определения оптимальных условий протекания исследуемого процесса уравнения второй степени, полученные в §§ 3.1–3.3, необходимо исследовать на экстремум. Для этого достаточно привести их к каноническому виду [25].

Для водосвязывающей способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки:

$$Y - 5,113 = 0,088X_1^2 - 0,008X_2^2 - 0,309X_3^2 \quad (3.8).$$

Для сорбционной способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки:

$$Y - 0,057 = -0,004X_1^2 - 0,003X_2^2 - 0,007X_3^2 \quad (3.9).$$

Для содержания водорастворимых пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки:

$$Y - 5,046 = -0,65X_1^2 - 0,771X_2^2 - 1,35X_3^2 \quad (3.10).$$

Полученные зависимости позволяют сделать следующие выводы.

Уравнение для водосвязывающей способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки относится к типу однополостный гиперboloид, так как коэффициенты уравнения имеют разные знаки. Гиперboloиды вытянуты по той оси, которой соответствует меньшее по абсолютной величине значение коэффициента в каноническом уравнении (в нашем случае  $X_2$ ). Графическое представление поверхности отклика после канонического преобразования для водосвязывающей способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки, выполненное с помощью программного пакета Maple 2015, представлено в Приложении 7. Гиперboloиды относятся к поверхности типа минимакса. Отсюда значение водосвязывающей способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки будет увеличиваться при движении от центра фигуры («седла») по оси  $X_2$  и уменьшаться по осям  $X_1$  и  $X_3$ . В этом случае поиск условного экстремума в области эксперимента возможен при определенных ограничениях, налагаемых сферой с радиусом, равным величине «звездного плеча».

Анализ уравнений для сорбционной способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки и содержания в них водорастворимых пектиновых веществ показал следующее. Все коэффициенты в правой части уравнений имеют одинаковые знаки, следовательно, они являются эллипсоидами. Поверхность отклика в виде эллипсоида имеет экстремум вблизи центра эксперимента [169]. Кроме того, коэффициенты уравнений – отрицательные, то есть центр фигуры является минимумом. Эллипсоиды вытянуты по той оси, которой соответствует меньший по абсолютной величине коэффициент в каноническом уравнении. Графическое представление поверхности отклика после канонического преобразования, выполненное с помощью программного пакета Maple 2015, для сорбционной способности и содержания пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки представлено в Приложениях 8 и 9. Эллипсоид для сорбционной способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки вытянут по оси  $X_2$ , для содержания пектиновых веществ – по  $X_3$ , что позволяет выбрать направление

оптимизации для поиска оптимума-максимума по этим осям.

Нахождение условного экстремума проводили в области эксперимента при ограничениях, налагаемых сферой с радиусом, величина которого определяется координатами «звездных» точек. Для этого воспользовались методом неопределенных множителей Лагранжа [25, 37, 99].

Функция Лагранжа для водосвязывающей способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки имеет вид:

$$L(X_1, X_2, X_3, \lambda) = 4,99 - 0,23X_1^2 + 0,14X_2 + 0,175X_1X_2 - 0,2X_1X_3 + 0,175X_2X_3 + \lambda(X_1^2 + X_2^2 + X_3^2) \quad (3.11)$$

Найдем частные производные этой функции по  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $\lambda$  и составим систему уравнений:

$$\begin{cases} -0,46X_1 + 0,175X_2 - 0,2X_3 + 2\lambda X_1 = 0 \\ 0,14 + 0,175X_1 + 0,175X_3 + 2\lambda X_2 = 0 \\ 0,2X_1 + 0,175X_2 + 2\lambda X_3 = 0 \\ X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 - R^2 = 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Для решения системы уравнений с последующим вычислением значения функции отклика воспользуемся программным пакетом Maple 2015. Расчет производим при радиусе сферы  $R$  от 0 до 1,68.

Результаты оптимизации приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Оптимизация методом неопределенных множителей Лагранжа

№	R	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\lambda$	Водосвязывающая способность, г/1 г
1	1,68	0,067	1,37	0,96	-0,12	5,32
2	1,48	0,069	1,23	0,82	-0,12	5,25
3	1,28	0,071	1,07	0,68	-0,12	5,18
4	1,08	0,071	0,92	0,55	-0,13	5,12
5	0,88	0,068	0,77	0,41	-0,14	5,06
6	0,68	0,062	0,61	0,28	-0,16	5,01
7	0,48	0,050	0,45	0,17	-0,20	4,97
8	0,28	0,032	0,26	0,069	-0,29	4,94

На основании результатов таблицы 3.2 оптимальным следует принять

режим, полученный на 1-м шаге оптимизации ( $X_1 = 0,067$ ;  $X_2 = 1,37$ ;  $X_3 = 0,96$ ), при этом значение параметра оптимизации – водосвязывающая способность – достигает максимального значения 5,32 г/1 г.

С учетом натуральных значений факторов на основных уровнях и интервалов варьирования (см. табл. 3.1) имеем оптимальные режимы получения пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки рН-среды ( $X_1$ ) = 5,067, продолжительность гидролиза ( $X_2$ ) = 27,4 мин, температура ( $X_3$ ) = 74 °С.

Функция Лагранжа для сорбционной способности пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки имеет вид:

$$L(X_1, X_2, X_3, \lambda) = 0,055 - 0,004X_1^2 - 0,005X_2 - 0,003X_2^2 - 0,007X_3^2 + \lambda(X_1^2 + X_2^2 + X_3^2) \quad (3.13).$$

Найдем частные производные этой функции по  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $\lambda$  и составим систему уравнений:

$$\begin{cases} -0,008X_1 + 2\lambda X_1 = 0 \\ -0,005 - 0,006X_2 + 2\lambda X_2 = 0 \\ -0,014X_3 + 2\lambda X_3 = 0 \\ X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 - R^2 = 0 \end{cases} \quad (3.14)$$

Для решения системы уравнений с последующим вычислением значения функции отклика воспользуемся программным пакетом Maple 2015. Расчет производим при радиусе сферы  $R$  от 0 до 1,68.

Результаты оптимизации приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Оптимизация методом неопределенных множителей Лагранжа

№	R	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\lambda$	Сорбционная способность, г/дм <sup>3</sup>
1	1,68	0	0,62	1,55	0,007	0,034
2	1,48	0	0,63	1,34	0,007	0,038
3	1,28	0	0,62	1,11	0,007	0,041
4	1,08	0	1,08	0	0,0053	0,046
5	0,88	0	-0,88	0	0,00015	0,057
6	0,68	0	-0,68	0	0,00067	0,057
7	0,48	0	-0,48	0	0,0059	0,056
8	0,28	0	-0,28	0	0,0059	0,055

На основании результатов таблицы 3.3 оптимальным следует принять режим, полученный на 5-м шаге оптимизации ( $X_1 = 0$ ;  $X_2 = -0,88$ ;  $X_3=0$ ), при этом значение параметра оптимизации – сорбционная способность – достигает максимального значения  $0,057$  г/дм<sup>3</sup>. Выполним переход от кодированных значений факторов к натуральным, используя вышеуказанное соотношение.

С учетом натуральных значений факторов на основных уровнях и интервалов варьирования (см. табл. 3.1) имеем оптимальную продолжительность гидролиза ( $X_2$ ) для получения пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки с максимальной сорбционной способностью, равную 22,4 минуты.

Функция Лагранжа для содержания пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки имеет вид:

$$L(X_1, X_2, X_3, \lambda) = 4,72 + 0,92X_1 - 0,65X_1^2 - 0,771X_2^2 - 1,35X_3^2 + \lambda(X_1^2 + X_2^2 + X_3^2) \quad (3.15)$$

Найдем частные производные этой функции по  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $\lambda$  и составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,92 - 1,3X_1 + 2\lambda X_1 = 0 \\ -1,542X_2 + 2\lambda X_2 = 0 \\ -2,70X_3 + 2\lambda X_3 = 0 \\ X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 - R^2 = 0 \end{cases} \quad (3.16)$$

Для решения системы уравнений с последующим вычислением значения функции отклика воспользуемся программным пакетом Maple 2015. Расчет производим при радиусе сферы  $R$  от 0 до 1,68.

Результаты оптимизации приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Оптимизация методом неопределенных множителей

Лагранжа

№	R	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	λ	Пектиновые вещества, %
1	2	3	4	5	6	7
1	1,68	1,68	0	0	0,37	4,43
2	1,48	1,48	0	0	0,34	4,65
3	1,28	1,28	0	0	0,29	4,83
4	1,08	1,08	0	0	0,22	4,95
5	0,88	0,88	0	0	0,12	5,02
6	0,68	0,68	0	0	-0,03	5,05
7	0,58	0,58	0	0	-0,14	5,03
8	0,28	0,28	0	0	-0,99	4,92
9	0,08	0,08	0	0	-5,1	4,78

На основании результатов таблицы 3.4 оптимальным следует принять режим, полученный на 6-м шаге оптимизации ( $X_1 = 0,68$ ;  $X_2 = 0$ ;  $X_3 = 0$ ), при этом значение параметра оптимизации – содержание водорастворимых пектиновых веществ в пищевых волокнах из обессахаренной свекловичной стружки – достигает максимального значения 5,05 %.

Выполним переход от кодированных значений факторов к натуральным, используя вышеуказанное соотношение.

С учетом натуральных значений факторов на основных уровнях и интервалов варьирования (см. табл. 3.1) имеем рН ( $X_1$ ) для получения пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки с максимальным содержанием пектиновых веществ — 5,68.

Таким образом, оптимизация кислотно-термической обработки свекловичной стружки позволила получить технологические режимы получения пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки с максимальной водосвязывающей, сорбционной способностью и содержанием пектиновых веществ: рН-среды ( $X_1$ ) = 5,067–5,68, продолжительность гидролиза ( $X_2$ ) = 22,4–27,4 мин, температура ( $X_3$ ) = 74 °С.

После установления оптимальных режимов получения пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки была разработана принципиальная схема



получения пищевых волокон кислотнo-термическим способом, представленная на рисунке 3.10.

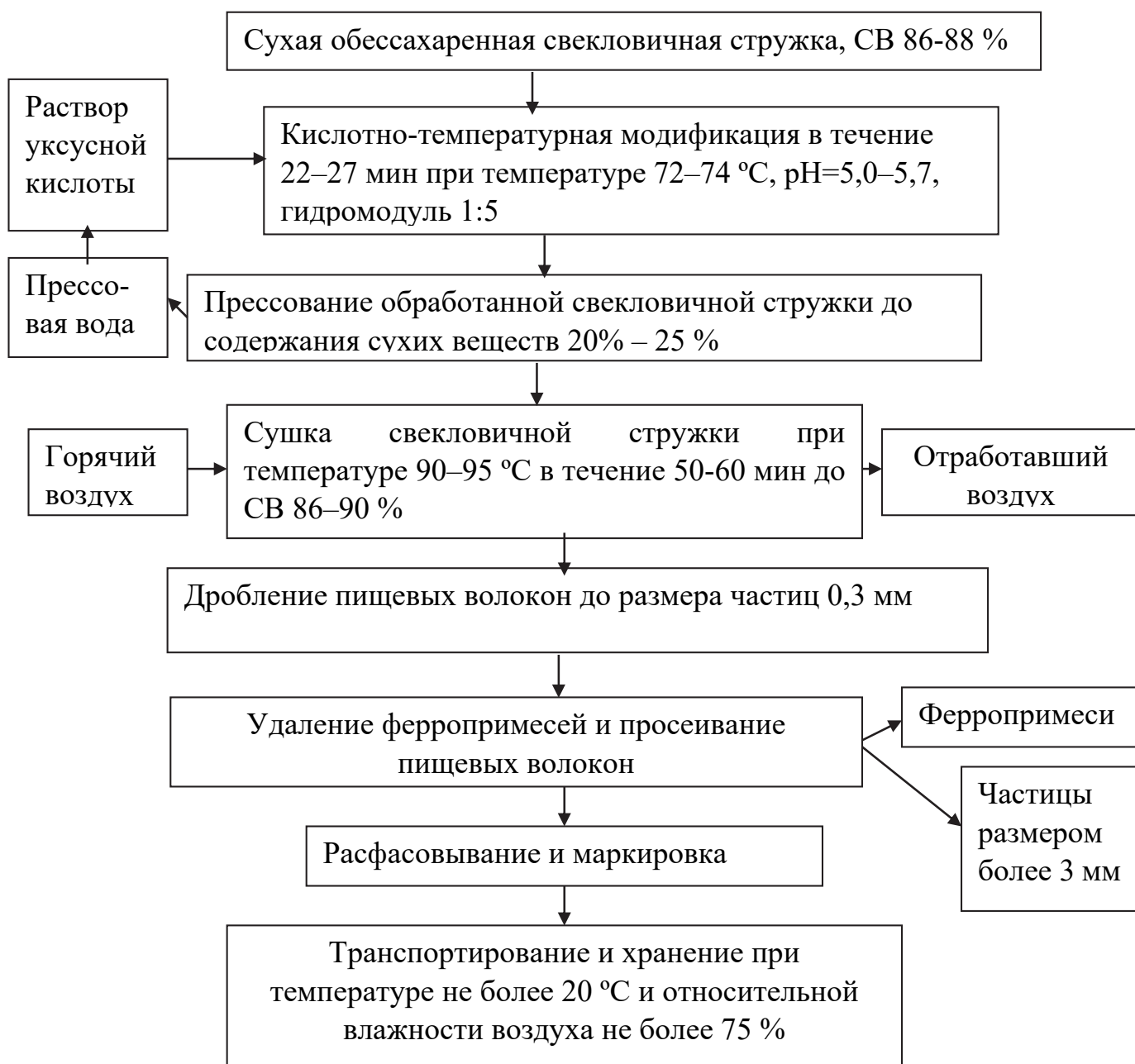


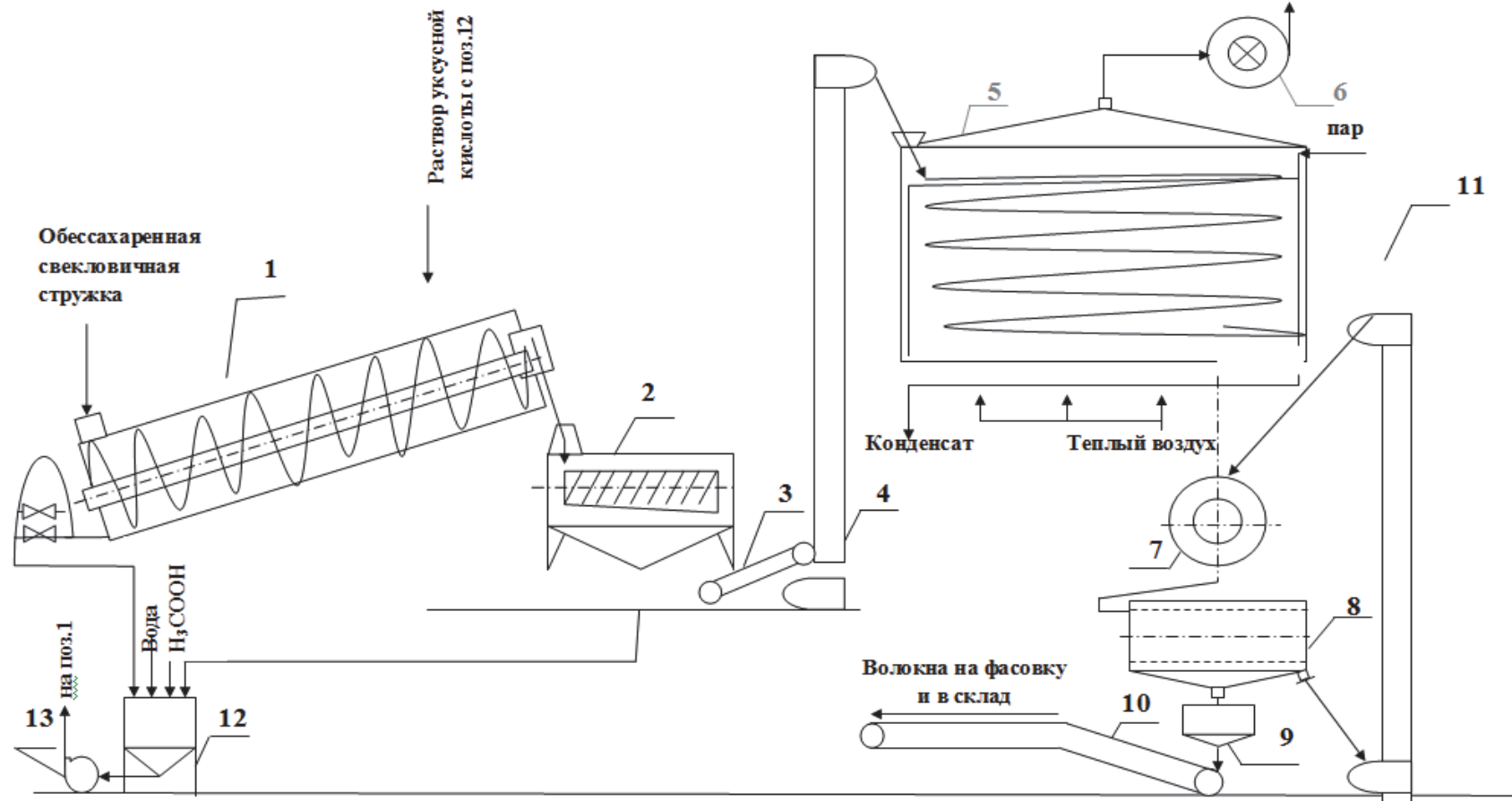
Рисунок 3.10 – Принципиальная технологическая схема получения пищевых волокон кислотнo-термическим способом

После обработки раствором уксусной кислоты с рН 5–5,5 и температурой 72–74 °С в течение 22–27 минут свекловичная стружка поступает на прессование. Для экономии энергоносителей на сушку пищевых волокон и с целью возврата раствора для приготовления рабочего раствора уксусной кислоты его используют в контуре замкнутого типа с пополнением свежей уксусной кислоты до требуемой концентрации раствора. Так как рабочий раствор уксусной кислоты готовится из концентрированного раствора и имеет концентрацию 70 %, то благодаря возвращению отработавшего раствора происходит уменьшение потребности в исходном концентрате уксусной кислоты почти в два раза.

Не менее важной технологической стадией является сушка волокон. Сушку пищевых волокон осуществляли в соответствии с режимами, приведенными В.А. Колесниковым, Ю.И. Молотилиным и др.: продолжительность сушки волокон в статическом режиме с толщиной слоя 10 мм и температурой 90–95 °С в среднем составила 60 минут [135]. Следует иметь в виду, при достижении влажности волокон заданного минимума их температура повышается с соответственным ростом интенсивности термического разложения компонентов ткани пищевых волокон, что приводит к получению готового продукта светло-серого цвета.

После окончания сушки пищевые волокна подвергаются дроблению, просеиванию и удалению ферропримесей, расфасовыванию и маркировке.

Разработка аппаратурно-технологической схемы получения пищевых волокон из ОСС осуществлялась на основании результатов проведенных экспериментальных исследований. Для аппаратурного оформления способа получения пищевых волокон в экспериментальной технологической линии максимально задействовано типовое технологическое оборудование пищевых производств. Аппаратурно-технологическая схема получения пищевых волокон из сухой ОСС представлена на рисунке 3.11.



- 1 – Аппарат кислотно-термической обработки; 2 – горизонтальный шнековый пресс; 3 – ленточный транспортер; 4 – нория (элеватор); 5 – сушильная установка; 6 – вентилятор; 7 – дезинтегратор; 8 – ротационный рассеиватель; 9 – бункер пищевых свекловичных волокон (фракция менее 0,25 мм); 10 – ленточный транспортер; 11 – нория (элеватор); 12 – сборник для приготовления раствора уксусной кислоты; 13 – центробежный насос.

Рисунок 3.11 – Аппаратурно-технологическая схема получения пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки

Сухая обессахаренная свекловичная стружка направляется транспортером в аппарат шнекового типа для кислотнo-термической обработки (1) с подводом раствора уксусной кислоты с рН 5–5,5 и температурой 72–74 °С из сборника для приготовления раствора уксусной кислоты (12). Гидро модуль сухой свекловичной стружки и раствора уксусной кислоты составляет 1:5. Данный гидро модуль является минимально рекомендуемым другими исследователями для расщепления лигнина, вызывающего потемнение пищевых волокон [84]. Продолжительность обработки свекловичной стружки составляет 22–27 мин. Отработанный раствор уксусной кислоты отводится из нижней части аппарата, направляется в сборник (12) и используется в составе экстрагента для кислотнo-термической обработки в замкнутом контуре.

По завершении кислотнo-термической обработки пищевые волокна направляются в горизонтальный шнековый пресс (2), где отжимаются до содержания сухих веществ 20–25 %.

Отпрессованная масса пищевых волокон с помощью транспортера (3) направляется в сушильную установку (5) конвейерного типа, в которой в качестве сушильного агента выступает воздух, нагреваемый в блоке калориферов при использовании вторичных энергоресурсов (тепла аммиачных конденсатов, уфельных паров, вторичных паров третьего и четвертого корпусов многокорпусной выпарной установки). Для этих задач может быть использована сушилка с инфракрасным нагревом, в которой применяется эффект резонанса – совпадение длин инфракрасных волн, излучаемых установкой, с длиной волн клеточной жидкости исходного продукта.

Производительность сушилки первого типа (конвейерного) – 90 кг пищевых волокон в час с массовой долей влаги в готовом продукте не превышающей 14 %.

По данным М.В. Лукьяненко, при высушивании пищевых волокон из ОСС необходимо иметь в виду, что разложение протопектина до низкомолекулярных соединений галактуроновых кислот начинается уже при температуре сушильного агента выше 95 °С [97], что влечет за собой поддержание в конвейерной сушилке температуры теплоносителя (воздуха) на входе в сушильную камеру на уровне 90–

95 °С, а на выходе из нее – 60–65 °С. Данное обстоятельство также нельзя игнорировать, используя сушилки с инфракрасным нагревом [19].

Пищевые волокна из ОСС, высушенные до 86–90 % сухих веществ, подвергаются размолу до порошкообразного состояния в дезинтеграторе (7), рассеиванию (8), удалению ферропримесей, упаковке, после чего готовая продукция отправляется на склад готовой продукции.

Выход пищевых волокон в среднем составляет 4,5 % к массе перерабатываемой сахарной свеклы, или примерно 16 % к массе отжатой до 15 % – 16 % СВ свекловичной стружки, или 96 % – 97 % от сухой обессахаренной свекловичной стружки.

На основании проведенных исследований были разработаны и утверждены ТУ 9112-304-02069036 Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» (Приложение 10). Разработанная технология прошла промышленную апробацию на ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский» (Приложение 11).

Показатели качества порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Показатели качества порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна»

Наименование показателя	Содержание характеристики
Внешний вид	Хлопьевидная, неоднородная масса
Вкус	Свойственный порошку, без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Запах	Свойственный порошку, не затхлый, не плесневый, без постороннего запаха
Цвет	От светло-серого до темно-серого
Массовая доля влаги, %,	10,0 -14,0

Продолжение таблицы 3.5

1	2
Активная кислотность, рН	5,5-6
Массовая доля металломагнитной примеси размером отдельных частиц в наибольшем линейном измерении 0,3 мм и (или) массой не более 0,4 мг, %, не более	0,0003
Крупность помола, %: остаток на сите № 1 из металлотканной сетки по ТУ 14-4-1374, %, не более	5,0
проход через сито № 045 металлотканной сетки по ГОСТ 4403, %, не более	10,0
Наличие минеральной примеси	При разжевывании не должно ощущаться хруста
Водосвязывающая способность, г/1 г	5,0-5,3
Сорбционная способность, г/дм <sup>3</sup>	0,053-0,057
Массовая доля пектиновых веществ (водорастворимый пектин/протопектин), %	5,05/15

Таким образом, в результате кислотно-термической модификации сухой обессахаренной свекловичной стружки были получены пищевые волокна, обладающие водосвязывающей, сорбционной способностью и содержанием водорастворимых пектиновых веществ соответственно в 1,2–1,3, 2,7–2,9 и 2 раза выше по сравнению с исходным сырьем.

Результаты проведенных исследований представлены в работах, опубликованных автором [10, 101–106].

### **3.5 Исследование процесса экструзионной обработки порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна»**

Метод экструзионной обработки имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами тепловой обработки сырья. Он позволяет увеличить водосвязывающую и сорбционную способность, снизить микробиологическую обсемененность и повысить усвояемость [5, 60, 61]. В связи с этим считали целесообразным для улучшения технофункциональных свойств подвергнуть вновь разработанные пищевые волокна «Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструзионной обработке, что предположительно позволит увеличить их водосвязывающую и сорбционную способность.

В результате экструзионной обработки биополимеров (белков, полисахаридов, вторичного сырья и их смесей) возможно получение широкого ассортимента разнообразной продукции [118, 168]. Производство широкого спектра продуктов базируется на мощной промышленной базе фирм, выпускающих экструдеры различных модификаций и производительности. На мировом рынке представлены более 1000 моделей экструдеров различных типов. Применение экструзионной техники в пищевой промышленности в настоящее время позволяет не только интенсифицировать многие технологические процессы, но и создавать новые пищевые композиции, используемые для обогащения традиционных продуктов питания [4].

Задача получения экструзионных продуктов питания с заданными физико-химическими свойствами решается путем эмпирического подбора технологических параметров процесса, которые зависят от вида оборудования и типа перерабатываемого сырья [168].

Экструзионную обработку пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки осуществляли на промышленном экструдере ШТАК-80М в условиях предприятия ООО «Звягинский крахмальный завод».

Экструзионная обработка пищевых волокон включала следующие стадии.

На первой стадии производили смешивание компонентов и увлажнение

смеси до требуемого уровня. Затем материал транспортировали с помощью шнека цилиндра экструдера в область интенсивного нагрева, сжатия, воздействия сил сдвига и расплавления. На заключительной стадии происходило формование расплавленной массы в головке экструдера и фильере. На выходе из фильеры экструдера в результате резкого сброса внешнего давления до атмосферного происходило «взрывное» испарение перегретой воды, входящей в состав экструдруемой смеси. В итоге получался взрывной экструдат с пористой макроструктурой.

При термопластической экструзии в цилиндре экструдера формируется гетерофазный расплав. Структура такого расплава определяется кинетическими условиями смешения компонентов и их ограниченной термодинамической совместимостью. Под действием сил сдвига и растяжения, возникающих при течении расплава в цилиндре экструдера, его головке и фильере, дисперсные частицы деформируются, колесцируют и дробятся [64]. Свойства гетерофазного расплава влияют на качество получаемого экструдата и зависят от свойств материала и режимов его экструзионной обработки.

Целью данного этапа исследования являлась разработка технологии производства экструдированных пищевых волокон из Порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» (далее ППС) методом термопластической экструзии. Для этого было необходимо экспериментальным путем определить оптимальные режимы экструзионной обработки для данного вида сырья: степень увлажнения сырья и температуру в предматричной камере.

### **3.5.1 Определение влияния режимов экструзии Порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» на качество экструдата**

ППС предварительно отсеивали через набор сит КСИ (ТУ 25.06.1250-77). Попытки экструдировать измельченные чистые ППС в экструдере ШТАК-80М не увенчались успехом, что было обусловлено отсутствием в них крахмала и достаточного количества белка, способных к расширению. В связи с этим для обеспечения протекания процесса исследовали возможность ППС в присутствии кукурузного крахмала в качестве структурообразователя [64]. При этом



необходимо было получить экструдат с максимальным содержанием ППС в своем составе, чтобы обеспечить получение продукта с высоким содержанием пищевых волокон.

Кукурузный крахмал обладает повышенной способностью к набуханию даже в холодной воде. Следует иметь в виду, кукурузный крахмал полезно вводить в пищевой рацион при атеросклерозе сосудов, значительных физических нагрузках, упадке сил, снижении иммунитета, заболеваниях сердца, частых ОРВИ, хронических стрессах, метеочувствительности, планировании беременности, регулярных судорогах [15]. Экструзионная обработка позволяет модифицировать свойства данного компонента, способствующие оказанию комплексного воздействия на технологические и пищевые свойства продуктов питания [27].

Экспериментально установлено, что минимальное количество кукурузного крахмала в смеси составляло 45 %, диаметр фильеры экструдера – 6 мм. Уменьшение дозировки крахмала и уменьшение диаметра фильеры приводило к запеканию выходного отверстия матрицы и остановке процесса экструзии.

Вода при экструзионной обработке играет важную роль – ее содержание в экструдиреваемом сырье определяет температуру его перехода в вязко-текучее состояние и оказывает влияние на формирование структуры экструдатов. Для определения воздействия влажности экструдиреваемой смеси на качество экструдата процесс экструзии проводили при температуре продукта перед матрицей 170 °С и давлении в предматричной зоне экструдера 24 МПа. Влияние режимов экструзионной обработки оценивали по индексу расширения.

Индекс расширения экструдатов зависит в общем случае от упругого восстановления материала на выходе из фильеры экструдера и вклада воздушной фазы, возникающей в экструдатах при расширении материала паром в условиях падения внешнего давления, действующего на материал на выходе из фильеры, до атмосферного. Исходя из изложенного, индекс расширения определяется как отношение диаметра экструдата к диаметру фильеры [168]. Влияние влажности экструдиреваемой смеси кукурузного крахмала и ППС на индекс расширения представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Влияние влажности экструдруемой смеси кукурузного крахмала и ППС на индекс расширения экструдата

Наименование показателя	Влажность смеси, %			
	20	25	30	35
Индекс расширения	106±3,2	100±4,1	86,6±2,7	70±2,8

Как видно из данных, представленных в таблице 3.6, увеличение влажности смеси с 20 % до 35 % способствует снижению индекса расширения экструдата с ППС. Известно, что при температуре более 100 °С вода находится в виде пара. В этом случае она может выполнять функции порообразователя при получении экструдатов пористой макроструктуры. Важно помнить, индекс расширения экструдатов максимален, когда содержание воды в экструдруемом сырье на некоторую величину превышает степень гидратации биополимеров. Увеличение или уменьшение воды в экструдруемом сырье приводит к уменьшению индекса расширения экструдатов [168]. Таким образом, принятая влажность экструдруемой смеси кукурузного крахмала и ППС, обеспечивающая максимальную пористость экструдата, составила 20–25 %.

На качество экструдатов оказывает влияние температура перед матрицей экструдера. Температуру варьировали в интервале от 160 до 200 °С с шагом 10 °С, влажность экструдруемой смеси поддерживали на уровне 25 %, давление прессования – 24 МПа. Влияние температуры экструдруемой смеси кукурузного крахмала и ППС на индекс расширения представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Влияние температуры экструдруемой смеси кукурузного крахмала и ППС на индекс расширения экструдата

Наименование показателя	Температура смеси перед матрицей, °С				
	160	170	180	190	200
Индекс расширения	96±2,7	100±4,1	106,6±2,3	103 ±1,7	98±1,6

Как видно из данных таблицы 3.7, оптимальная температура смеси

кукурузного крахмала и ППС перед матрицей экструдера –  $180 \pm 10$  °С. Такие температуры, вероятно, обеспечивают максимальную скорость сдвига при течении материала, что обеспечивает максимальную деформацию частиц смеси и увеличение индекса расширения экструдата.

Таким образом, оптимальными режимами экструдирования ППС, предварительно смешанными с кукурузным крахмалом, являются: влажность экструдированной смеси кукурузного крахмала и ППС – 20–25 %, температура –  $180 \pm 10$  °С.

### 3.5.2 Разработка технологии производства порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного

На основании проведенных исследований разработана принципиальная схема производства экструдированных ППС, представленная на рисунке 3.12.

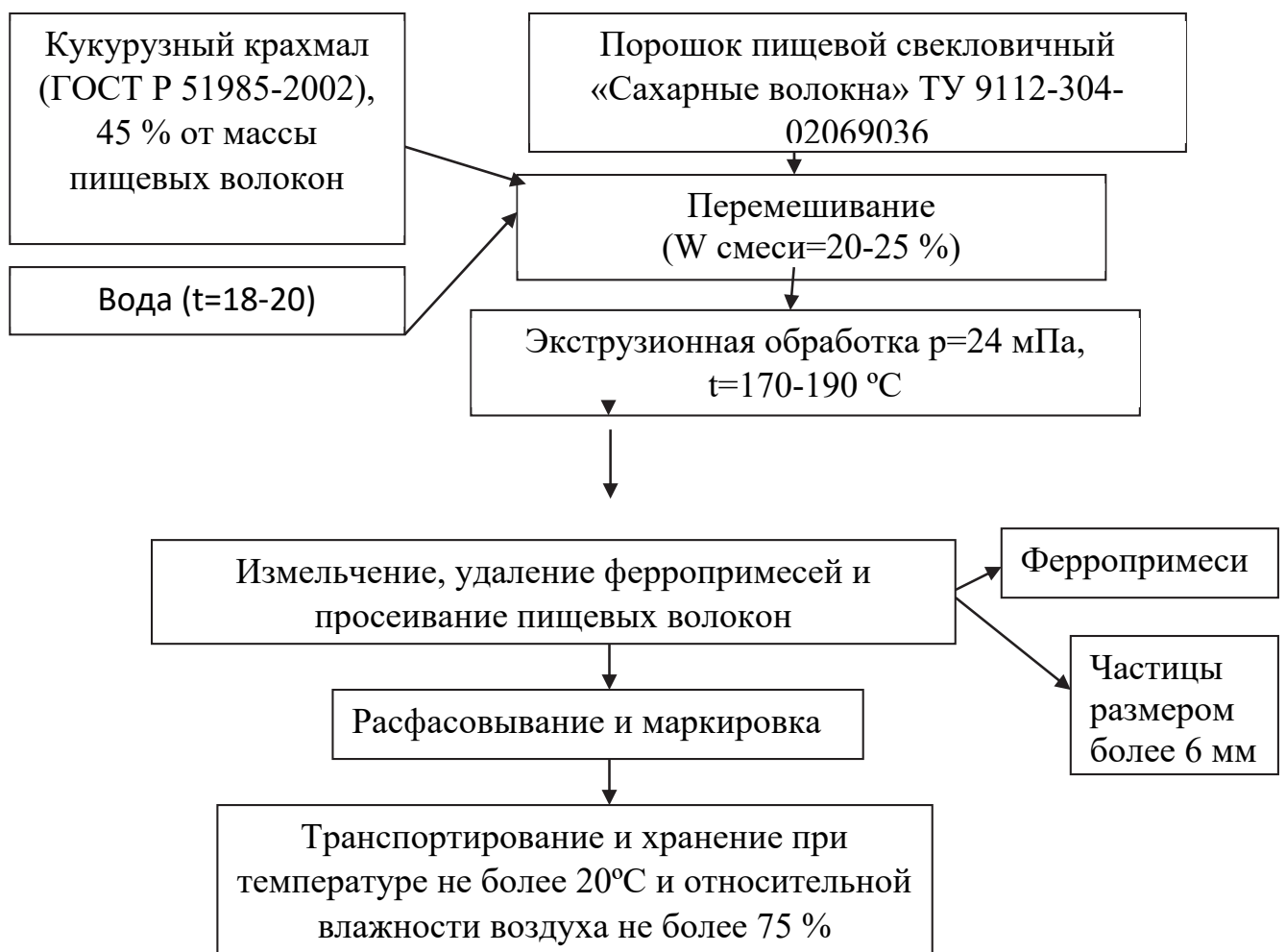
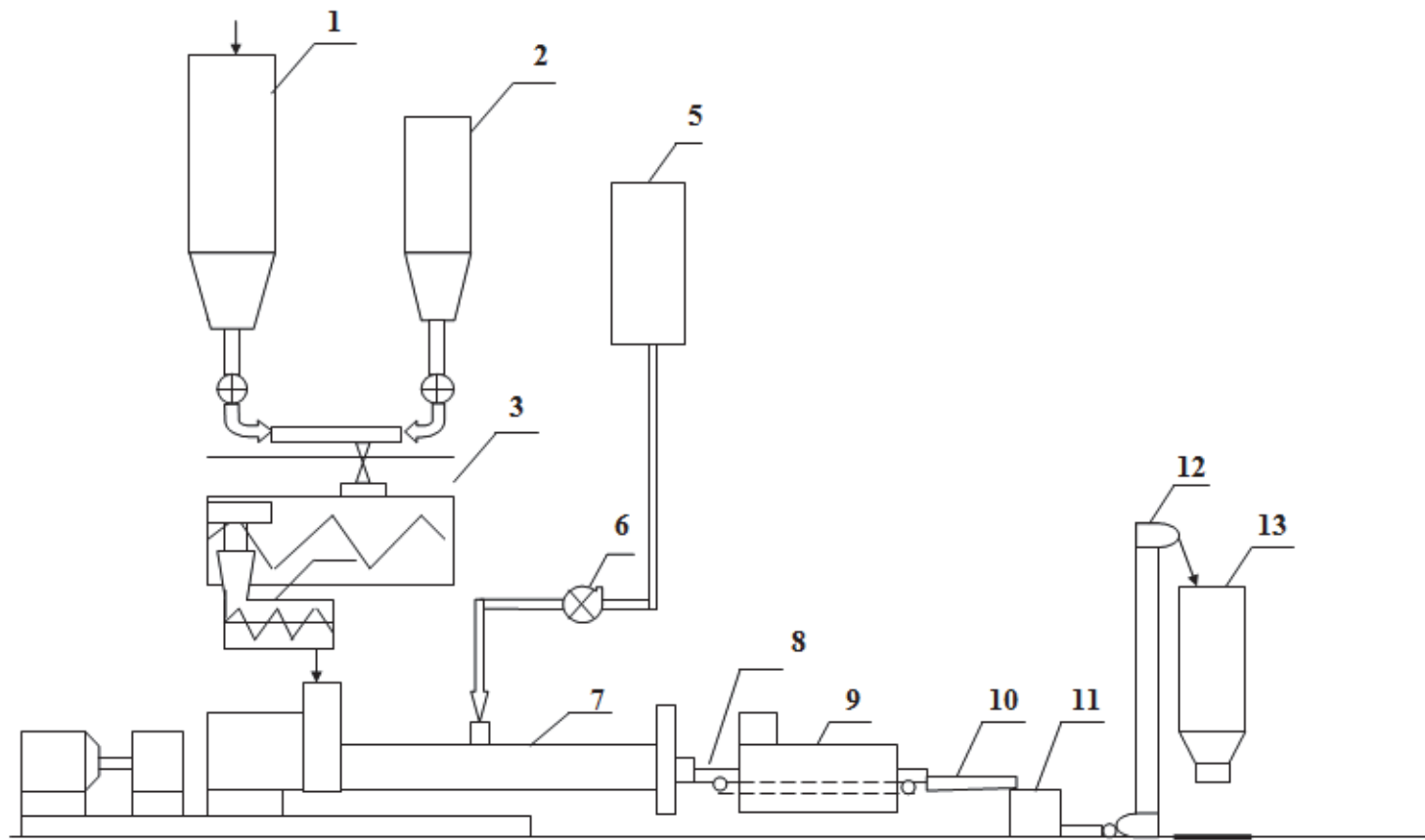


Рисунок 3.12 – Принципиальная схема производства экструдированных пищевых волокон из обессахаренной свекловичной стружки



- 1 – бункер-дозатор для ППС; 2 – бункер-дозатор для крахмала; 3 – смеситель; 4 – питатель экструдера; 5 – емкость для воды;  
 6 – насос; 7 – экструдер; 8 – транспортер; 9 – дробилка; 10 – транспортер; 11 – просейватель; 12 – нория;  
 13 – бункер для экструдированных пищевых волокон.

Рисунок 3.13 – Аппаратурно-технологическая схема получения экструдированных ППС

Для оформления аппаратурно-технологической схемы получения экструдированных пищевых волокон максимально использовано типовое технологическое оборудование пищевых производств. Аппаратурно-технологическая схема представлена на рисунке 3.13.

Измельченные, просеянные, освобожденные от ППС подаются в бункер-дозатор (1). В смеситель (3) из бункеров-дозаторов (1) и (2) подаются ППС и кукурузный крахмал, где образуется экструдруемая смесь в соотношении 55:45. Далее с помощью гибких шлангов смесь подается в экструдер (7). Насосом (6) из емкости (5) вода подается в экструдер (7). Подача воды отрегулирована таким образом, чтобы влажность экструдруемой смеси находилась в пределах 20–25 %. После экструдирования в экструдере (7) экструдат транспортером (8) подается в дробилку (9), откуда с помощью транспортера (10) подается на просеивание. В просеивателе (11) измельченный экструдат просеивается и очищается от ферропримесей. Далее с помощью нории (12) экструдат передается в накопительный бункер (13). Из накопительного бункера экструдированные ППС могут быть переданы на фасовочное оборудование для сыпучих продуктов.

Выход готового продукта зависит от типа используемого оборудования и в среднем составляет 95 % от массы экструдруемой смеси.

На основании проведенных исследований были разработаны и утверждены ТУ 9112-304-02069036 Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный (Приложение 10). Разработанная технология прошла промышленную апробацию на ООО «Звягинский крахмальный завод» (Приложение 11). Подана заявка на изобретение и получено положительное решение на выдачу патента (Приложение 12).

Показатели качества Порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Показатели качества Порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного

Наименование показателя	Содержание характеристики
Внешний вид	Хлопьевидная, неоднородная масса
Вкус	Свойственный порошку, без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Запах	Свойственный порошку, не затхлый, не плесневый, без постороннего запаха
Цвет	От светло-серого до темно-серого
Массовая доля влаги, %	10–12
Активная кислотность, рН	5–5,5
Массовая доля металломагнитной примеси размером отдельных частиц в наибольшем линейном измерении 0,3 мм и (или) массой не более 0,4 мг, %, не более	0,0003
Наличие минеральной примеси	Не ощущается хруста
Водосвязывающая способность, г/1 г	8,2–8,4
Сорбционная способность, г/дм <sup>3</sup>	0,056–0,062
Массовая доля водорастворимых пектиновых веществ, %	1,1±0,2

Таким образом, экструзионная обработка позволила получить Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный с водосвязывающей и сорбционной способностью соответственно в 2 и 1,6–3,1 раза выше по сравнению с исходным сырьем (сухой обессахаренной

свекловичной стружкой) и в 1,3–1,5 раза по сравнению с Порошком пищевым свекловичным «Сахарные волокна».

Результаты проведенных исследований представлены в работе «Пищевые волокна для хлебобулочных изделий» [167].

**ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА,  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО  
«САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» И ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО  
«САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» ЭКСТРУДИРОВАННОГО**

**4.1 Показатели качества, химический состав и безопасность порошков  
пищевых свекловичных**

В результате физико-химической обработки, в том числе вследствие частичной деструкции гемицеллюлоз, лигнина и перехода пектиновых веществ в водорастворимую форму, были получены пищевые волокна из сухой обессахаренной свекловичной стружки с большей водоудерживающей и сорбционной способностью по сравнению с исходным сырьем. Показатели качества обессахаренной свекловичной стружки, порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» и порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Показатели качества и углеводный состав сухой обессахаренной свекловичной стружки, порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» и порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного

Наименование показателей	Содержание		
	Сухая обессахаренная свекловичная стружка	Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»	Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный
1	2	3	4
Массовая доля влаги, %	10,0–12,0	10,0–14,0	10,0



Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
Активная кислотность, рН	5,0	5,5–6,0	5,0
Водосвязывающая способность, г/1 г	4,0–4,2	5,0–5,3	8,2–8,4
Сорбционная способность, г/дм <sup>3</sup>	0,02–0,04	0,053–0,057	0,056–0,062
Пищевые волокна, в том числе:	76–81	70–76	35–40
массовая доля лигнина, %	9,0–10,5	6,0–9,0	2,5–3,5
массовая доля холоцеллюлозы (целлюлоза+гемицеллюлоза), %	45,5–49,0	44,0–47,0	27,5–31,6
массовая доля пектиновых веществ (водорастворимый пектин/протопектин), %	1,9/19,6	5,05/15	1,1/3,8
Редуцирующие сахара, %	4,8–5,8	5,2–5,5	2,7–5,2

Как видно из данных, представленных в таблице 4.1, водосвязывающая способность порошков пищевых свекловичных увеличивается по сравнению с исходным сырьем в 1,3–2 раза, сорбционная способность – в 2,9–3,1 раза. Содержание редуцирующих сахаров близко к исходному сырью. Общее содержание пищевых волокон в порошках пищевых свекловичных снижено по сравнению с исходным сырьем. Однако следует отметить, содержание водорастворимого пектина увеличивается в 2,7 раза.

Аминокислоты оказывают влияние на деятельность бродильной микрофлоры полуфабрикатов, играют важную роль в образовании вкусовых и ароматических веществ хлеба. В связи с этим исследование содержания аминокислот в порошке пищевом свекловичном «Сахарные волокна» и порошке пищевом свекловичном «Сахарные волокна» экструдированном необходимо для научного обоснования их технологического влияния на свойства полуфабрикатов и качество готовой продукции.

Аминокислотный состав порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» определяли совместно с Испытательным Лабораторным центром АНО «НТЦ» Комбикорм» (г. Воронеж) хроматографическим методом на анализаторе ААА-339 по ГОСТ 32192-2013 (Приложение 14).

Результаты исследований приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Аминокислотный состав порошков пищевых свекловичных

Наименование аминокислоты	Вид пищевых волокон	
	Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»	Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный
1	2	3
Общий белок, %	4,2	2,1
Незаменимые аминокислоты %:	1,36	0,85
Валин	0,21	0,17
Изолейцин	0,15	0,10
Лейцин	0,26	0,14
Лизин	0,2	0,09
Метионин	0,09	0,01
Треонин	0,25	0,28
Триптофан	0,01	0,01
Фенилаланин	0,19	0,05
Заменимые аминокислоты, %:	2,66	1,26
Аланин	0,25	0,07
Аргинин	0,49	0,03
Аспарагиновая кислота	0,35	0,04
Гистидин	0,15	0,25

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
Глицин	0,20	0,20
Глутаминовая кислота	0,43	0,02
Пролин	0,26	0,26
Серин	0,30	0,34
Тирозин	0,18	0,01
Цистин	0,05	0,04
Общее количество аминокислот	4,02	2,11
Лимитирующая аминокислота	Триптофан+метионин	Триптофан+изолейцин

Как видно из данных, представленных в таблице 4.2, в порошке пищевом свекловичном «Сахарные волокна» содержание белка в 2 раза выше, чем в порошке пищевом свекловичном «Сахарные волокна» экструдированном. Лимитирующими аминокислотами в обоих видах пищевых волокон является триптофан. Результаты исследований опубликованы в работе автора [167].

Содержание золы, нитратов, пестицидов и радионуклидов в пищевых волокнах характеризуют возможность их использования в производстве экологически чистых продуктов, так как для большинства микроэлементов установлены предельно допустимые концентрации [ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»].

Протоколы испытаний представлены в Приложении 13. Результаты исследований приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Содержание золы, нитратов, пестицидов и радионуклидов в порошках пищевых свекловичных

Наименование показателей	Гигиенический норматив, не более	Содержание	
		Вид пищевых волокон	
		Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»	Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный
Зола, %		1,6	1,2
Микроэлементы, мг/кг			
Ртуть	0,02	менее 0,02	менее 0,02
Свинец	0,5	0,044	0,084
Кадмий	0,03	0,025	0,026
Мышьяк	0,2	менее 0,08	менее 0,08
Нитраты (по NO <sub>3</sub> )	не более 1400	менее 30	менее 30
Гексахлорцикло-гексан (альфа, бета, гамма-изомеры)	не более 0,1	менее 0,0003	менее 0,0003
ДДТ и его метаболиты	не более 0,1	менее 0,001	менее 0,001
Цезий-137	80 Бк/кг	менее 3,089	менее 3,106
Стронций-90	40 Бк/кг	менее 2,62	менее 2,64

Как видно из данных, представленных в таблице 4.3, исследуемые пробы порошков пищевых свекловичных соответствуют требованиям безопасности п. 6 приложения ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», содержание радионуклидов не превышает допустимые уровни.

Для определения гигиенической оценки порошков пищевых свекловичных их хранили в закрытом полиэтиленовом пакете в условиях лаборатории в течение 6 месяцев. По истечении этого времени были определены микробиологические показатели безопасности в Аккредитованном испытательном центре ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области» (Приложение 13). Результаты исследований представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Микробиологические показатели порошков пищевых свекловичных

Определяемые показатели	Гигиенический норматив	Вид пищевых волокон	
		Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»	Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный
V. cereus, КОЕ/г	Не более 1000	250	800
БГКП (колиформы), в 0,01 г	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
КМАФАнМ, КОЕ/ г	Не более 500000	15000	10000
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы в 25 г	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
Плесени, КОЕ/г	Не более 500	30	80

Как видно из данных, представленных в таблице 4.4, исследуемые пробы образцов порошков пищевых свекловичных соответствуют требованиям приложения I, приложения II, п. 1.5 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Таким образом, гигиеническая оценка качества порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» и порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного показала, что они имеют срок хранения 6 месяцев.

## **4.2 Медико-биологическая эффективность порошков пищевых свекловичных**

Проведенными исследованиями установлено, что разработанные пищевые волокна «Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и «Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный» имеют богатый химический состав. Они являются источником не только растворимых и нерастворимых пищевых волокон (клетчатки, целлюлозы и гемицеллюлозы, пектиновых веществ), но и лигнина, минеральных веществ, заменимых и незаменимых аминокислот, что увеличивает их биологическую ценность. Содержание тяжелых металлов, радионуклидов и пестицидов, а также микробиологическая безопасность не превышает норм, установленных ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Достоверную оценку эффективности пищевых волокон как в микробиологическом аспекте, так и по воздействию на организм в целом, обеспечивают клинические испытания. Тем не менее доклинические исследования на лабораторных животных позволяют оценить переносимость продукта и направленность эффекта [1, 98].

Известно, что видовой состав микрофлоры кишечника человека и лабораторных животных – мышей – в целом совпадает, при некотором различии соотношений между видами микроорганизмов нормофлоры. Однако динамика изменения соотношения между видами в нормофлоре кишечника лабораторных животных идентична таковой у человека [26, 29, 67].

С целью определения клинической картины производили биохимический и гематологический анализ крови подопытных животных. В кровь поступают продукты клеточного и тканевого обмена. Все изменения в функциях отдельных органов и систем организма отражаются на составе крови. Поэтому анализ крови имеет большое значение при токсикологических исследованиях.

Предполагаемый медико-биологический эффект исследуемых пищевых волокон заключается в возрастании массы микрофлоры толстой кишки, сорбции холестерина, снижении гликолизирования гемоглобина и сывороточных белков. В

исследованиях были использованы порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный, содержащий 35% – 40 % пищевых волокон, и такие традиционно используемые в пищевой промышленности источники пищевых волокон, как Отруби пшеничные (ГОСТ 7169-66) с содержанием пищевых волокон 40 % – 41 % [14].

В эксперименте использовалась генетически контролируемая закрытая колония линейных аутбредных мышей CD-1 (самцы массой 25–32 г) вивария Инновационного научно-исследовательского испытательного центра Орловского государственного аграрного университета.

Опытным группам животных включали в рацион пробы пищевых волокон. Контрольная группа содержалась на стандартном рационе. Пересчет дозировки пищевых волокон, используемых в эксперименте, осуществляли на дозировку, рекомендованную для человека. В соответствии с МУК 2.3.2.721-98 «Определение безопасности и эффективности биологически активных добавок к пище» суточная потребность в пищевых волокнах составляет 20 г. В соответствии с ГОСТ Р 52349-2005 функциональные пищевые ингредиенты должны содержаться в продукте в количестве не менее 15 % в одной порции продукта и соответственно не более 50 % от суточной потребности, то есть суточная добавка пищевых волокон должна быть не более 10 г.

Пересчет необходимого соотношения осуществляли в соответствии с рекомендациями [170]. Дозировка пищевых волокон составила  $32 \cdot 10^{-3}$  на 1 г живого веса мыши. Длительность кормления составила 15 суток, в одну экспериментальную группу входило 10 особей. 1-ой экспериментальной группой была контрольная на стандартном рационе, 2-ой экспериментальной группе в рацион включали пищевые волокна порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный (ППСЭ), 3-ей экспериментальной группе в рацион включали отруби пшеничные (ОП).

Влияние пищевых волокон оценивали по их влиянию на копрологические показатели микрофлоры толстого кишечника (общий вид, количество лактобактерий, бактерий группы кишечной палочки и дрожжеподобных грибов),

биохимический и гематологический анализ крови подопытных животных (содержание общего белка, глюкозы, холестерина и гемоглобина). Для оценки общего состояния животных на 1-й, 7-й и 15-й день эксперимента контролировали массу подопытных животных. Протоколы исследований представлены в Приложении 15.

Динамика изменения средней массы лабораторных животных представлена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Динамика средней массы мышей, % к исходной массе

Группа	Продолжительность эксперимента, сут			
	0	1	7	15
контрольная	100,0	100,3	104,8	113,2
ППСЭ	100,0	102,6	103,4	115,0
ОП	100,0	100,6	109,7	126,8

Как видно из представленных данных, через 15 суток эксперимента масса животных всех групп увеличилась. В контрольной группе на 13,2 %, в опытных группах ППСЭ и ОП – соответственно на 15 % и 26,8 % от начальной массы. При этом масса мышей, в рацион которых входил ППСЭ, превышала на 2 %, а в группе ОП – на 13,6 % массу в контрольной группе. Вероятно, полученные результаты обусловлены большей калорийностью пищевых волокон, используемых в эксперименте, по сравнению со стандартным рационом. Однако следует отметить, что внесение ППСЭ в меньшей степени повлияло на увеличение массы подопытных мышей, что может свидетельствовать об их более высокой диетической направленности по сравнению с пищевыми волокнами пшеничных отрубей.

Одним из положительных свойств пищевых волокон является их способность проявлять функции пребиотика - вещества или комплекса веществ, обеспечивающего при систематическом употреблении в пищу человеком в составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате



избирательной стимуляции роста и/или повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника [8, 16, 119, 153]. В связи с этим были проведены исследования микроэкологической системы кишечника в соответствии с методическими рекомендациями [22, 112, 183, 209]. Динамика влияния пищевых волокон на изменение количества лактобактерий в фекалиях лабораторных мышей приведена в таблице 4.6. Влияние пищевых волокон на содержание лактобактерий в фекалиях лабораторных мышей представлено на рисунке 4.6.

Таблица 4.6 – Динамика влияния пищевых волокон на изменение содержания лактобактерий в фекалиях лабораторных мышей, % к исходному количеству

Группа	Продолжительность эксперимента, сут		
	1	7	15
контрольная	100,0	100,0	66,6
ППСЭ	100,0	107,6	123,1
ОП	100,0	92,85	123,1

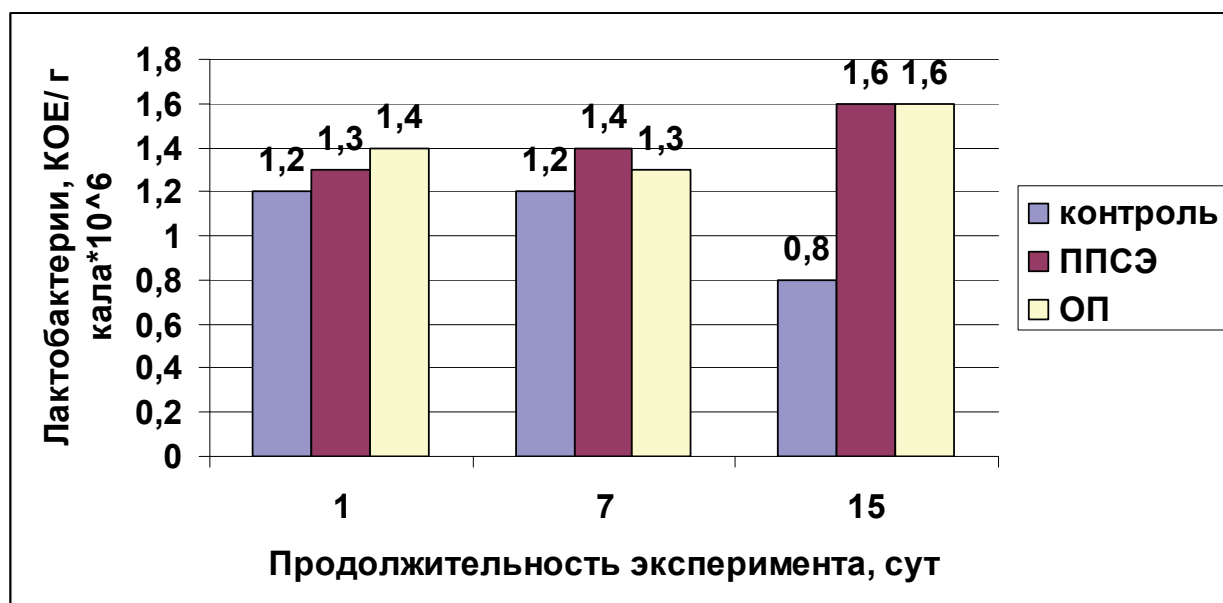


Рисунок 4.1 – Влияние пищевых волокон на содержание лактобактерий в фекалиях лабораторных мышей

Данные на рисунке 3.14 и в таблице 3.15 показывают, что пищевые волокна в рационе лабораторных мышей оказывают положительное влияние на лактофлору кишечника. При этом в конце эксперимента пищевые волокна отрубей (ОП) и порошка пищевого «Сахарные волокна» экструдированного (ППСЭ) увеличили количество лактобактерий в фекалиях подопытных животных на 23,1 %. Стандартное кормление вызвало снижение количества лактобактерий в контрольной группе на 43,4 %.

Динамика влияния пищевых волокон на изменение количества кишечной палочки в фекалиях лабораторных мышей приведена в таблице 4.7. Результаты исследования влияния пищевых волокон на содержание кишечной палочки в фекалиях лабораторных мышей представлены на рисунке 4.2.

Таблица 4.7 – Динамика влияния пищевых волокон на изменение содержания кишечной палочки в фекалиях лабораторных мышей, % к исходному количеству

Группа	Продолжительность эксперимента, сут		
	1	7	15
контрольная	100,0	107,1	128,6
ППСЭ	100,0	116,7	125,0
ОП	100,0	113,3	120,0

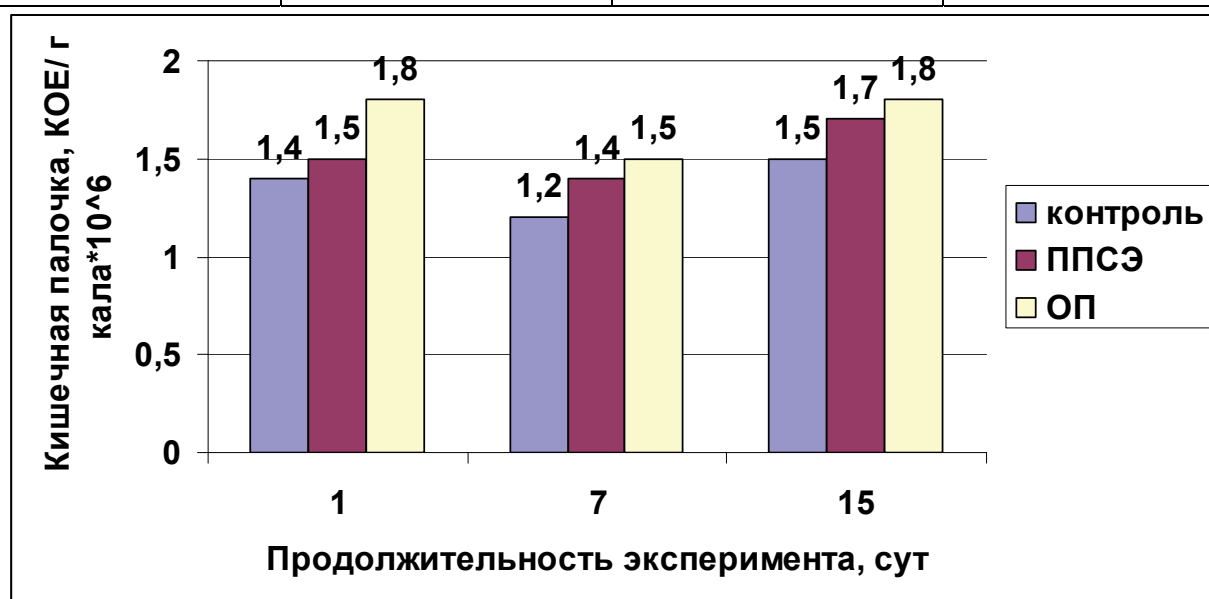


Рисунок 4.2 – Влияние пищевых волокон на содержание кишечной палочки в фекалиях лабораторных мышей

Как видно из данных рисунка 4.2 и таблицы 4.7, количество кишечной палочки в фекалиях лабораторных животных возрастает как в опытных, так и в контрольном образцах. Однако пищевые волокна ППСЭ и ОП имеют более низкий прирост этой микрофлоры в опытных группах по сравнению с контрольной группой. При этом в контрольной группе прирост количества кишечной палочки составил 28,6 %, в опытных с рационом ППСЭ и ОП – 25 и 20 % соответственно. Возможно, это обусловлено большим приростом лактобактерий, подавляющих нежелательную микрофлору кишечника подопытных животных.

Динамика влияния пищевых волокон на изменение количества дрожжеподобных грибов в фекалиях лабораторных мышей приведена в таблице 4.8. Результаты исследования влияния пищевых волокон на содержание дрожжеподобных грибов в фекалиях лабораторных мышей представлено на рисунке 4.3.

Таблица 4.8 – Динамика влияния пищевых волокон на изменение содержания дрожжеподобных грибов в фекалиях лабораторных мышей, % к исходному количеству

Группа	Продолжительность эксперимента, сут		
	1	7	15
контрольная	100,0	107,7	138,5
ППСЭ	100,0	118,2	127,3
ОП	100,0	107,7	123,1

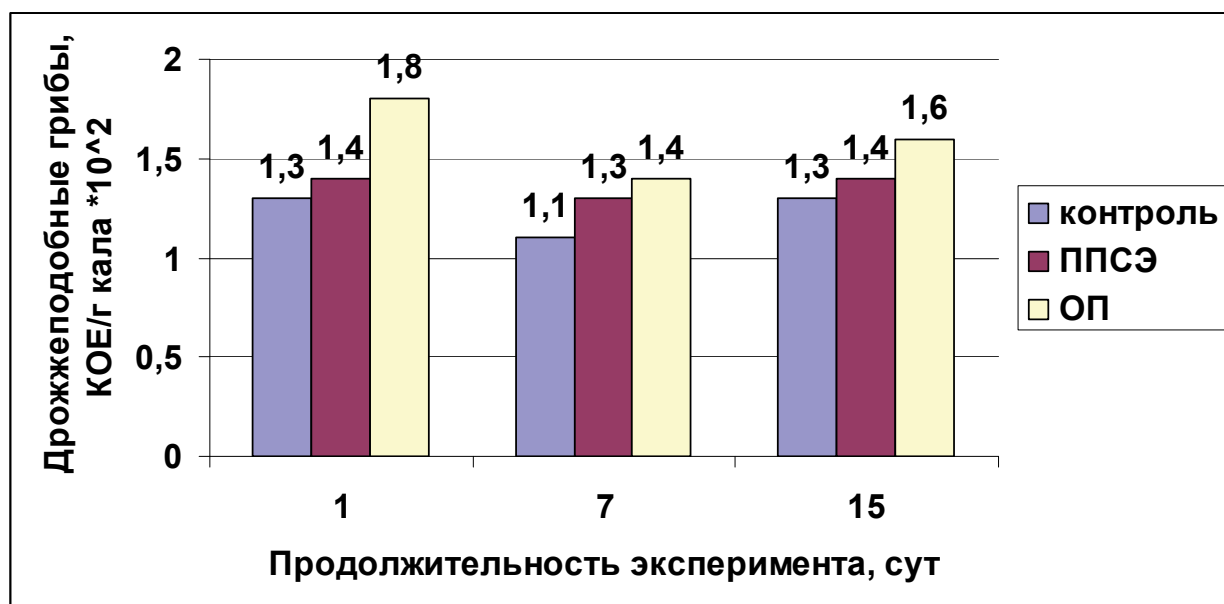


Рисунок 4.3 – Влияние пищевых волокон на содержание дрожжеподобных грибов в фекалиях лабораторных мышей

Результаты исследований, приведенные в таблице 4.8 и на рисунке 4.3, показывают, что количество дрожжеподобных грибов в фекалиях лабораторных животных увеличивается как в опытных, так и в контрольных образцах в течение времени эксперимента. Однако внесение в рацион пищевых волокон способствует более низкому приросту данной микрофлоры по сравнению с контрольной группой подопытных животных. При этом прирост дрожжеподобных грибов в контрольной группе составляет 38,5 %, а в опытных с рационом ППСЭ и ОП – 27,3 и 23,1 % соответственно. Возможно, это обусловлено влиянием лактообразующей микрофлоры, снижающей интенсивность размножения дрожжеподобных грибов в кишечнике мышей.

Таким образом, копрологические исследования лабораторных животных показали, что пищевые волокна ППСЭ и ОП обладают пребиотическими свойствами. Об этом свидетельствует прирост количества лактообразующих бактерий в микрофлоре кишечника, а также замедленное увеличение количества кишечной палочки и дрожжеподобных грибов в фекалиях опытных групп аутобредных мышей, питающихся рационом, обогащенным пищевыми волокнами, по сравнению с контрольной группой, питающейся стандартным рационом.

Копрограмма исследуемых групп подопытных мышей соответствует статусу здорового животного.

Известно, что пищевые волокна обладают способностью снижать гликолизирование гемоглобина и сывороточных белков, а также снижать уровень холестерина в сыворотке крови [26, 40, 180, 186, 206, 215]. В связи с этим были проведены исследования влияния пищевых волокон на биохимический и гематологический анализ крови подопытных животных. Протокол исследований представлен в Приложении 15. Оценка состояния биохимических показателей проведена в соответствии с методикой П.А. Семеновой, К.Д. Горшуновой и др. [180].

Данные биохимического и гематологического анализа крови подопытных животных представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Биохимический и гематологический анализ крови подопытных животных

Группа	Наименование показателей			
	Общий белок, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Холестерин, ммоль/л	Гемоглобин, г/л
контрольная	53,25±1,67	4,85±0,05	3,95±0,12	112,75±2,17
ППСЭ	55,00±1,78	5,13±0,21	3,88±0,09	136,75±2,57
ОП	53,75±2,57	4,93±0,25	3,90±0,13	130,75±2,81

Как видно из данных таблицы 4.9, введение в рацион подопытных животных пищевых волокон способствовало увеличению количества сывороточных белков в крови. При введении в рацион ППСЭ – на 1,75 г/л, при введении ОП – на 0,5 г/л по сравнению с контрольной группой. Содержание глюкозы в крови также увеличивалось при введении в рацион ППСЭ – на 0,28 ммоль/л, при введении ОП – на 0,08 ммоль/л. При этом количество холестерина в опытных группах снижалось соответственно на 0,07 и 0,05 ммоль/л, а содержание гемоглобина возрастало – на

24 и 18 г/л. Данные биохимических и гематологических показателей крови подопытных животных соответствуют физиологическим нормам.

Таким образом, исследования влияния пищевых волокон *in vivo* показали, что обогащение рациона питания подопытных животных пищевыми волокнами в дозировках, рекомендуемых нормами здорового питания (не более 50 % от суточной потребности), способствует увеличению доли лактофлоры, замедлению развития кишечной палочки и дрожжеподобных грибов в кишечнике, сорбции холестерина, снижению гликолизирования гемоглобина и сывороточных белков. Помимо этого, влияние нового вида пищевых волокон не оказывает отрицательного влияния на физиологические нормы биохимических и гематологических показателей крови, а также копрограмму кишечника подопытных животных.

## **ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» И ПОРОШКА ПИЩЕВОГО СВЕКЛОВИЧНОГО «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА» ЭКСТРУДИРОВАННОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Важным направлением использования пищевых волокон является применение их в качестве пищевой добавки в отраслях пищевой промышленности при изготовлении широкого ассортимента продуктов профилактической направленности [62, 83, 93, 108, 111, 142, 155], в том числе хлебобулочных изделий [66, 71, 78, 100, 157, 184, 185, 189].

Для обоснования практического применения разработанных пищевых волокон проведены исследования влияния их на свойства мучных смесей, теста и хлебобулочных изделий.

С целью определения функционально-технологических свойств мучных смесей с порошком пищевым свекловичным «Сахарные волокна» (ППС) и порошком пищевым свекловичным «Сахарные волокна» экструдированным (ППСЭ) определяли следующие показатели: водосвязывающая способность мучных смесей, количество и качество клейковины пшеничной муки, число падения.

Для исследований использовали муку ржаную обдирную, муку пшеничную хлебопекарную I сорта, смеси муки ржаной обдирной и пшеничной хлебопекарной I сорта в соотношении 20:80, 30:70, 50:50, 70:30 соответственно. ППС и ППСЭ в мучные смеси вносили взамен муки в количестве 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, в указанных ржано-пшеничных и пшенично-ржаных смесях производили замену муки пшеничной хлебопекарной I сорта.

### **5.1 Определение влияния порошков пищевых свекловичных на водосвязывающую способность мучных смесей**

Основным критерием, характеризующим технологические свойства сырья, является значение водосвязывающей способности (ВСС). Способность вещества

удерживать воду связана со степенью гидрофильности и количеством присутствующих в нем биополимеров, характером поверхности и пористостью частиц, их размерами. Известно, что водосвязывающая способность муки и дополнительного сырья влияет на процессы набухания, пептизации и, соответственно, реологические свойства полуфабрикатов. Результаты исследований влияния ППС на водосвязывающую способность мучных смесей представлена на рисунке 5.1.

Как видно из данных, представленных на рисунке 5.1, внесение ПСС способствует увеличению водосвязывающей способности ржаной муки на 3,8 % – 15,9 %, пшеничной муки – на 2,1 % – 38 %.

В пшенично-ржаной смеси в соотношении 80:20 дозировка ПСС в количестве 5 % и 10 % взамен пшеничной муки I сорта не оказывает значительного влияния на водосвязывающую способность, а увеличение дозировки ППС в мучную смесь взамен пшеничной муки до 15 % и 20 % способствует увеличению водосвязывающей способности смеси на 21,2 % и 26,2 % соответственно по сравнению с пшенично-ржаной смесью муки без ППС.

В пшенично-ржаной смеси в соотношении 70:30 внесение ППС взамен пшеничной муки I сорта увеличивает водосвязывающую способность смеси на 7,1 % – 17,1 % по сравнению со смесью без ППС.

В ржано-пшеничной смеси в соотношении 50:50 внесение ППС взамен пшеничной муки I сорта увеличивает водосвязывающую способность на 0,5 % – 22,4 %, 70:30 – на 12 % – 18 % по сравнению со смесью муки без ППС.



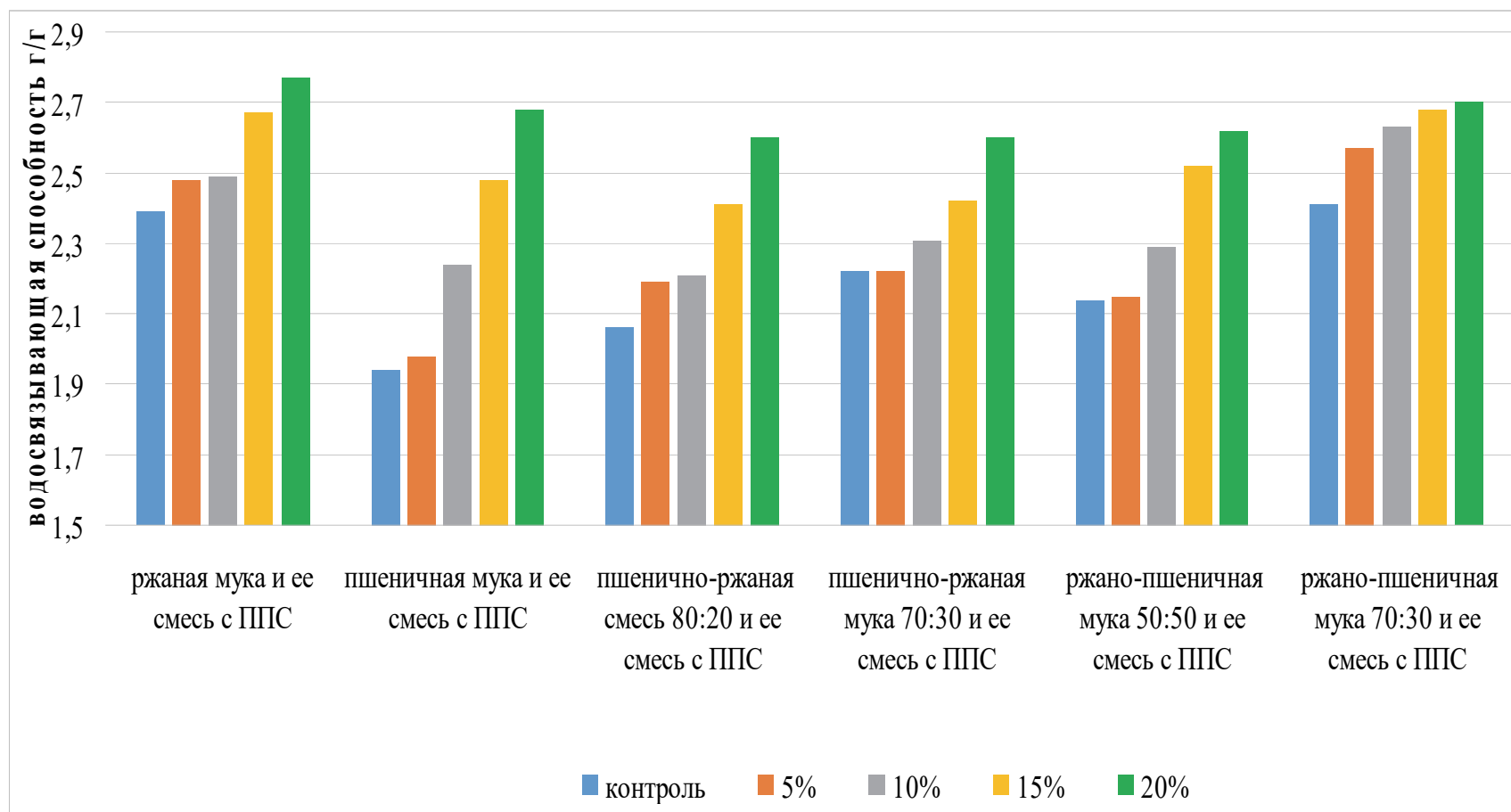


Рисунок 5.1 – Влияние ППС на водосвязывающую способность мучных смесей

Таким образом, внесение ППС взамен муки в мучные смеси способствует увеличению их водосвязывающей способности в среднем на 14,4 %. Вместе с тем наибольшее положительное влияние ППС на ВСС наблюдается при внесении ППС в пшеничную муку и пшенично-ржаные смеси. Это обусловлено повышенной водосвязывающей способностью ППС по сравнению с мукой. Так, водосвязывающая способность ППС больше чем у пшеничной муки I сорта в 2,7 раза, ржаной обдирной – в 2,2 раза. Вследствие этого, в связи с большей разницей в ВСС пшеничной муки и ППС, наблюдается наибольшее положительное влияние внесения ППС в смесь с пшеничной мукой и мучных смесей с большим количеством пшеничной муки.

Данный фактор необходимо учитывать при определении количества воды на замес хлебопекарного теста. Другими словами, требуется увеличение количества воды на замес с учетом дозировки ППС и соотношения пшеничной и ржаной муки в тесте.

Результаты исследований влияния ППСЭ на водосвязывающую способность мучных смесей представлена на рисунке 5.2.

Как видно из данных, представленных на рисунке 5.2, внесение ППСЭ взамен муки способствует увеличению водосвязывающей способности смесей с пшеничной мукой на 10 % – 32 %, с ржаной мукой – на 8,4 % – 20,9 % по сравнению с пшеничной и ржаной мукой без ППСЭ соответственно.

В пшенично-ржаной смеси с соотношением пшеничной и ржаной муки 80:20 добавление ППСЭ взамен муки пшеничной хлебопекарной I сорта способствует увеличению водосвязывающей способности смеси на 0,5 % – 19,5 %, 70:30 – на 1,8 % – 14,4 %, 50:50 – на 4,2 % – 13,6 % по сравнению со смесью муки без ППС.

Водосвязывающая способность ржано-пшеничных смесей в соотношении 70:30 увеличивается при добавлении ППСЭ взамен муки пшеничной хлебопекарной I сорта на 1,7 % – 13 % по сравнению со смесью муки без ППСЭ.

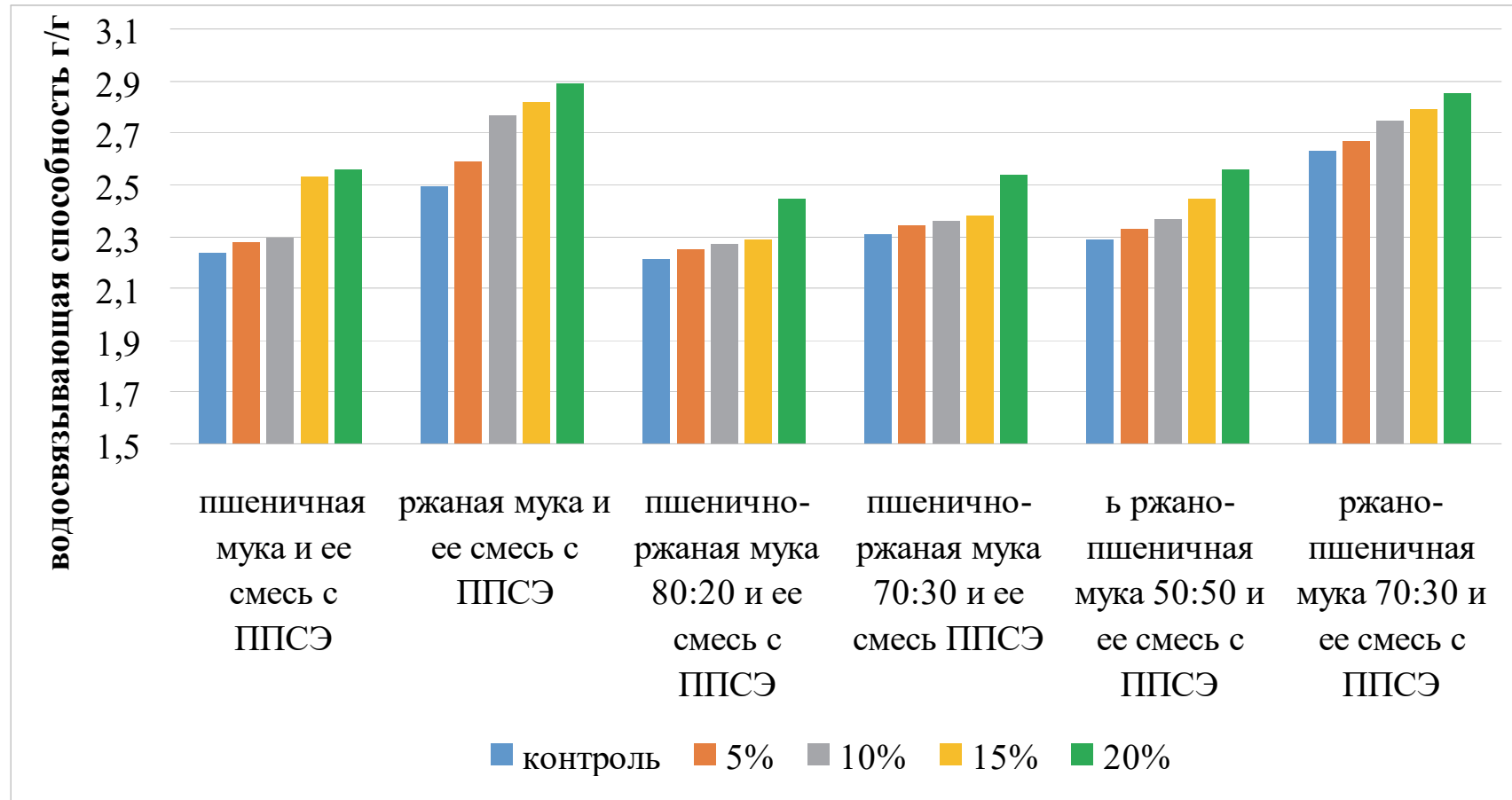


Рисунок 5.2 – Влияние ППСЭ на водосвязывающую способность мучных смесей

Можно констатировать, внесение ППСЭ в мучные смеси взамен муки способствует увеличению их водосвязывающей способности в среднем на 17,3 %. Наряду с этим наибольшее положительное влияние ППСЭ на водосвязывающую способность наблюдается при внесении его в пшеничную муку и пшенично-ржаные смеси. Это обусловлено повышенной водосвязывающей способностью ППСЭ по сравнению с пшеничной и ржаной мукой в 4,3 и 3,5 раза соответственно.

В связи с большей разницей в ВСС пшеничной муки и ППСЭ наблюдается наибольшее положительное влияние внесения ППСЭ в смесь с пшеничной мукой и мучных смесей с большим количеством пшеничной муки, что необходимо учитывать при корректировке воды на замес хлебопекарного теста.

Таким образом, внесение ППС и ППСЭ в мучные смеси взамен муки способствует увеличению их водосвязывающей способности в среднем на 14,4 % и 17,3 % соответственно. Установлено, что наибольшее положительное влияние на водосвязывающую способность оказывают ППС и ППСЭ при внесении их в пшеничную муку и пшенично-ржаные смеси. Повышенная водосвязывающая способность мучных смесей с ППС и ППСЭ будет оказывать положительное влияние на реологические свойства полуфабрикатов, качество хлеба, в том числе на его выход. В то же время влияние ППСЭ будет более значительным, чем ППС в связи с его большей гидрофильностью по сравнению с мукой.

## **5.2 Определение влияния порошков пищевых свекловичных на количество и качество клейковины пшеничной муки**

Показателем силы пшеничной муки является содержание в ней клейковины и ее свойства, в первую очередь реологические. В связи с этим определяли количество клейковины методом отмывания и ее упругие свойства на ИДК.

Результаты исследований представлены на рисунке 5.3 и 5.4.

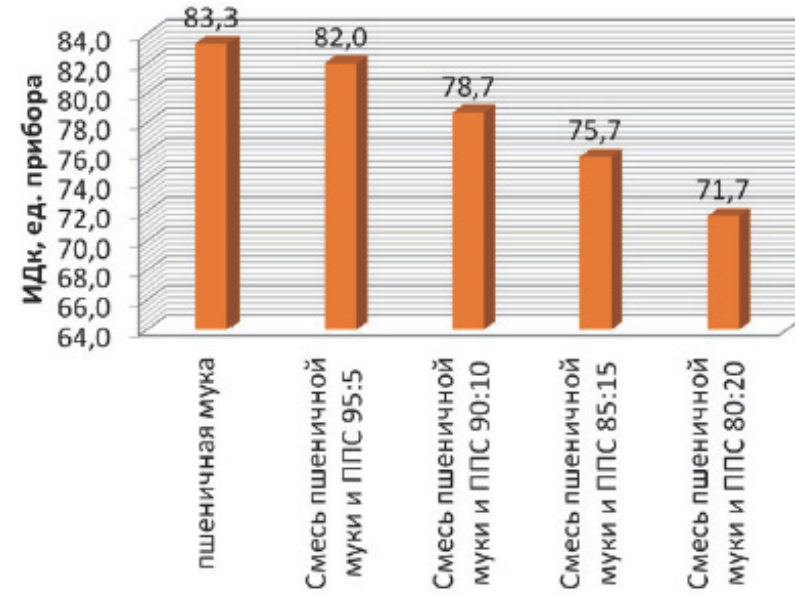
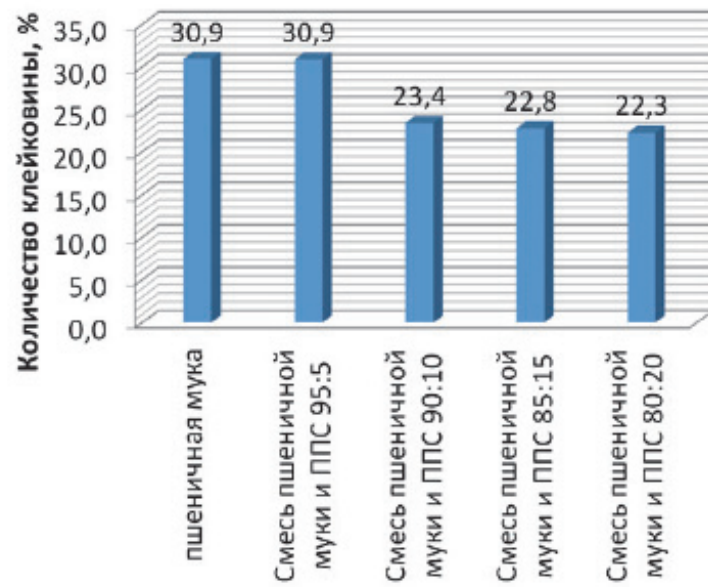


Рисунок 5.3 – Влияние ППС на количество и качество клейковины пшеничной хлебопекарной муки I сорта

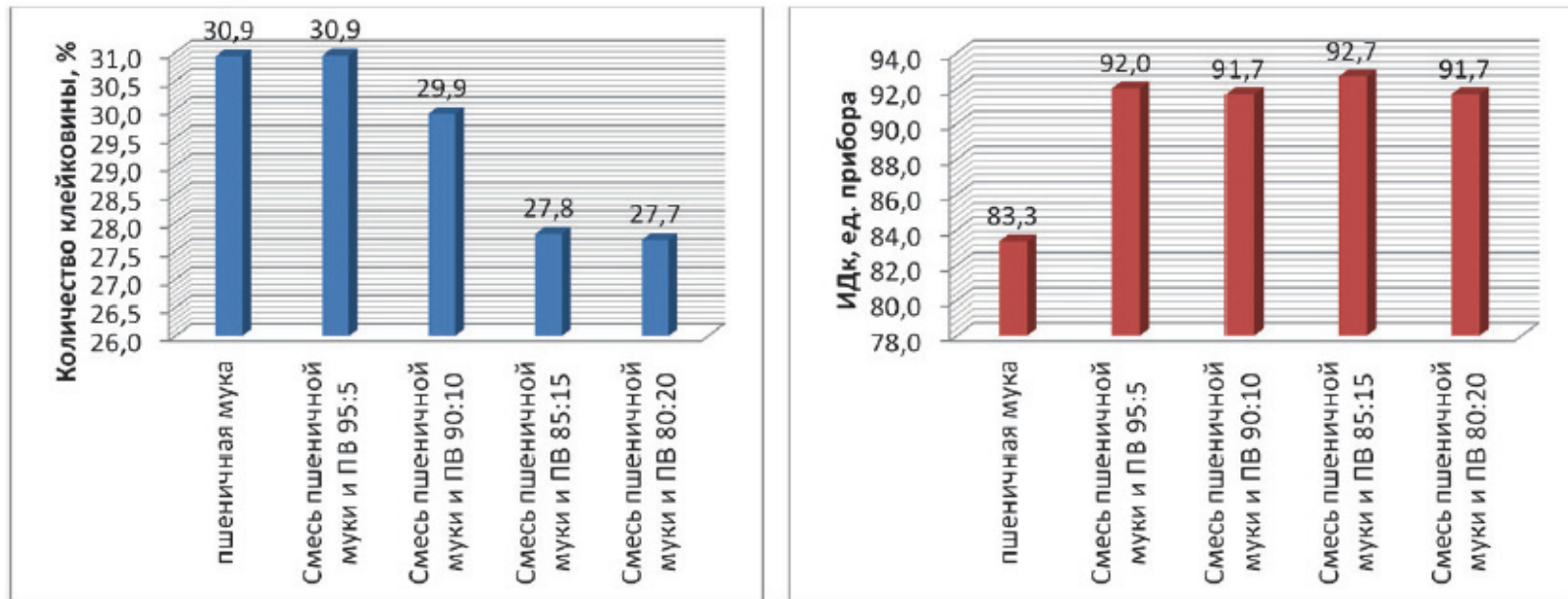


Рисунок 3.21 – Влияние ППСЭ на количество и качество клейковины пшеничной муки I сорта

Рисунок 5.4 – Влияние ППСЭ на количество и качество клейковины пшеничной муки I сорта

Как видно из данных, представленных на рисунке 5.3, увеличение дозировки ППС в смеси с пшеничной мукой способствует снижению содержания клейковины в муке и укреплению ее. При этом количество клейковины снижается на 7,5 % – 8,6 %, ИДК снижается на 1,3–11,6 ед. прибора. По-видимому, снижение клейковины в муке связано с заменой ее пищевыми волокнами, не содержащими клейковины. Укрепление клейковины обусловлено повышенной кислотностью ППС по сравнению с мукой, оказывающей окислительное действие на белки муки, что вызывает их уплотнение и снижение способности связывать воду, что также уменьшает количество отмываемой сырой клейковины.

Данные на рисунке 5.4 позволяют утверждать, что внесение ППСЭ способствует снижению содержания клейковины в муке и ослаблению ее. Так, количество клейковины снижается на 3,2 %, ИДК увеличивается на 8,4–8,7 ед. прибора. Вероятно, снижение клейковины в муке связано с заменой муки безклейковинным сырьем, а ослабление – с тем, что экструдированный крахмал, встраиваясь в белковую сетку клейковины, способствует снижению ее упругих свойств и увеличению способности к деформации.

Таким образом, внесение ППС и ППСЭ в мучную смесь с пшеничной мукой, способствует снижению отмываемой сырой клейковины. При этом внесение ППС способствует укреплению клейковины, а ППСЭ – ослаблению ее. Это необходимо учитывать при использовании данных пищевых волокон в составе мучных смесей с пшеничной мукой разного хлебопекарного достоинства. Более того, при необходимости разные свойства ППС и ППСЭ могут использоваться для корректировки силы муки.

### 5.3 Определение влияния порошков пищевых свекловичных на число падения мучных смесей

Большинство методов диагностики муки в отношении ферментов амилазного комплекса основано именно на различных свойствах  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, что еще больше подчеркивается в условиях специальных методов исследования с регулированием температуры.

Число падения является показателем вязкости, характеризующим углеводно-амилазный комплекс муки, и представляет собой продолжительность падения штока в секундах. Метод определения вязкости основан на быстрой клейстеризации суспензии муки в воде с последующим определением ее вязкости по времени падения специального штока-плунжера.

Углеводно-амилазный комплекс – один из основных показателей хлебопекарных свойств муки. В дополнение к этому, от состояния углеводно-амилазного комплекса зависит поведение теста, так как крахмал, который является основной частью муки, а в частности и мучной смеси, также является структурообразующим компонентом и определяет технологические свойства на всех этапах приготовления теста.

Результаты исследований влияния состава мучных смесей на число падения представлены на рисунках 5.5 и 5.6.



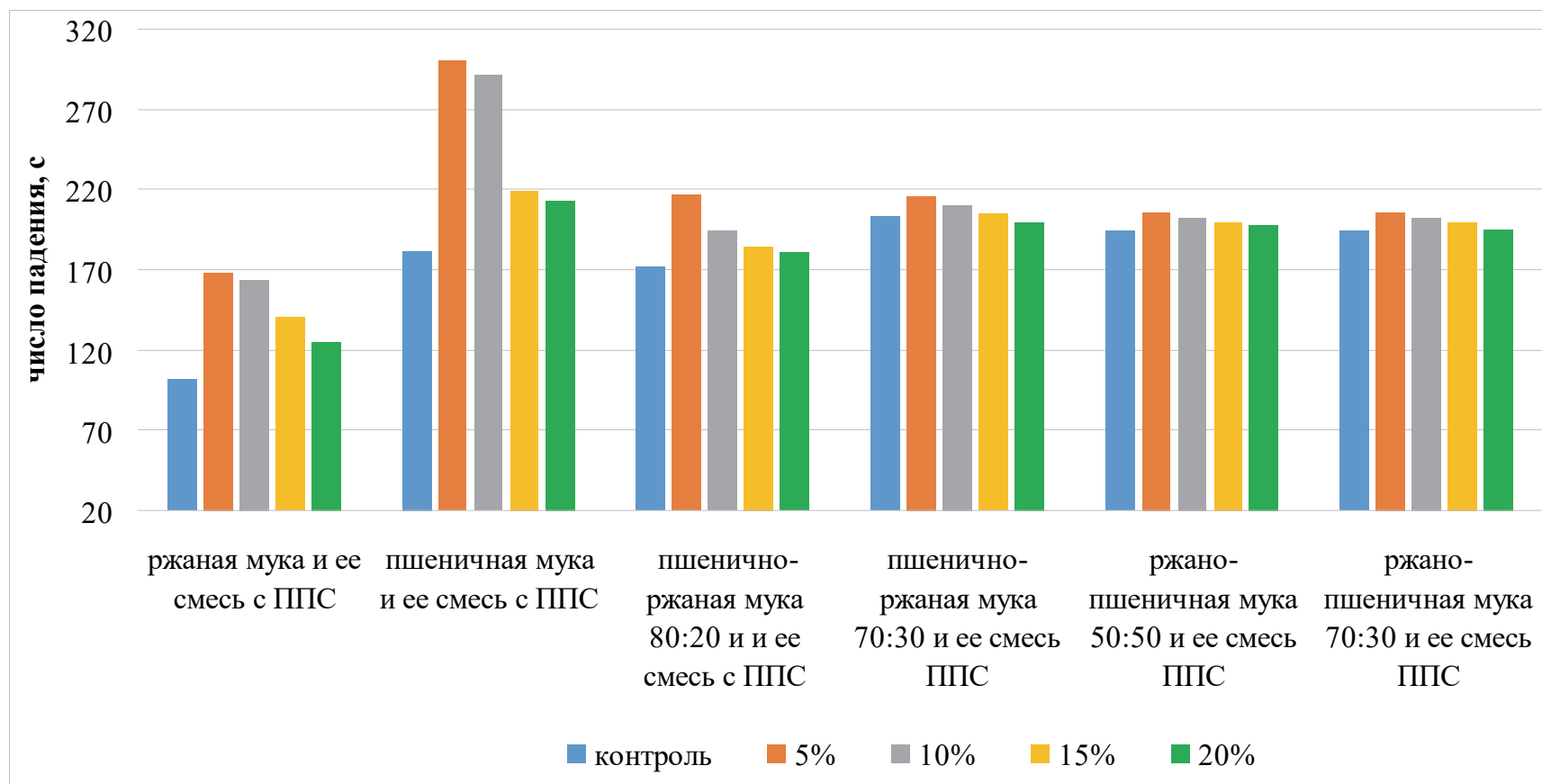


Рисунок 5.5 – Влияние ППС на число падения мучных смесей

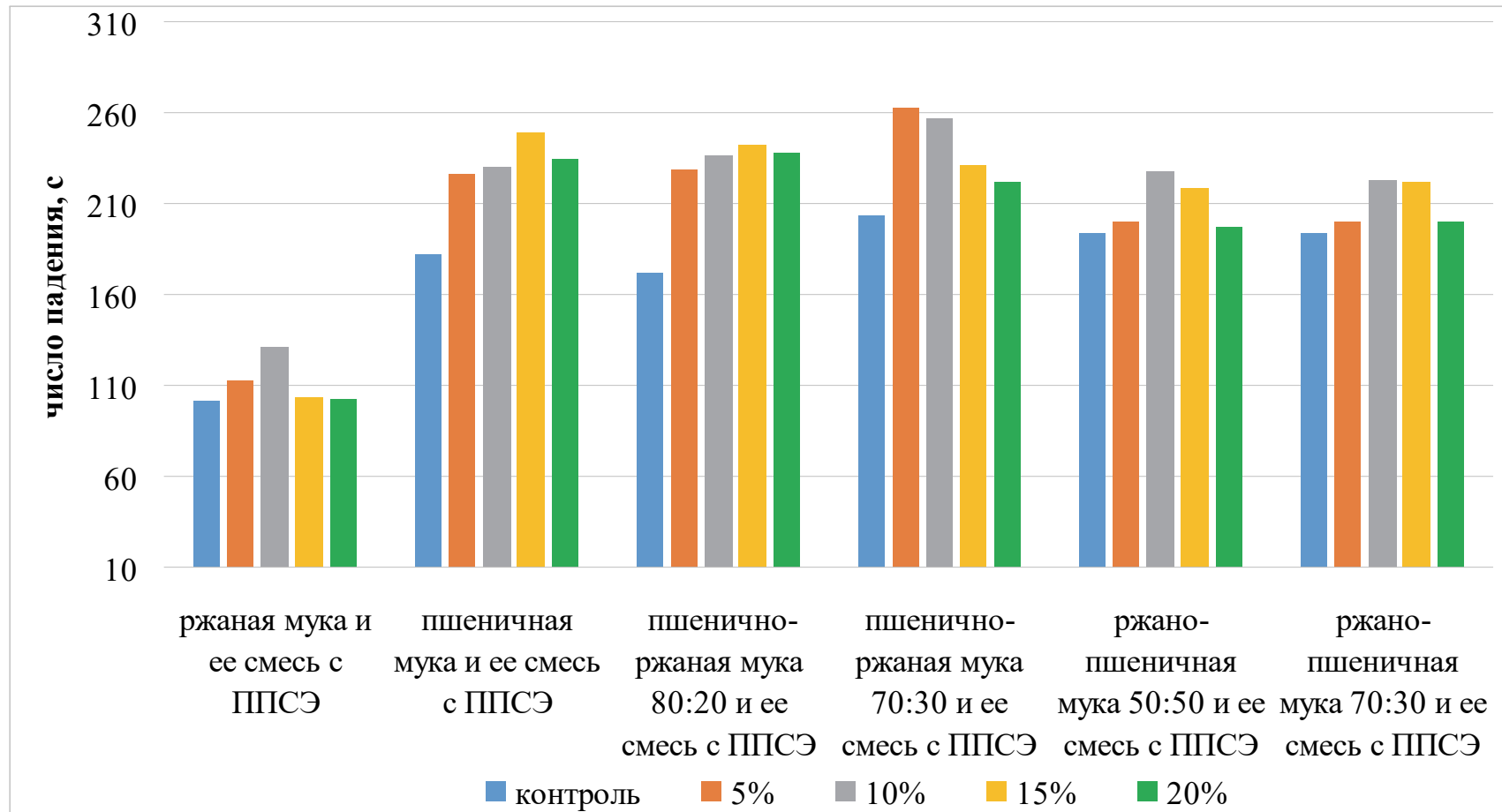


Рисунок 5.6 – Влияние ППСЭ на число падения мучных смесей

Как видно из данных, представленных на рисунке 5.5, внесение ППС в состав смеси с ржаной мукой способствует увеличению числа падения на 41–123 с. Внесение ППС в состав смеси с пшеничной мукой способствует увеличению числа падения на 24–66,5 с.

В пшенично-ржаной смеси с соотношением 80:20 при замене муки пшеничной хлебопекарной I сорта на ППС число падения увеличивается на 8,5–44,5 с, 70:30 – на 2–11,5 с по сравнению со смесью муки без ППС.

В ржано-пшеничной смеси с соотношением 50:50 с заменой муки пшеничной хлебопекарной I сорта на ППС число падения увеличивается на 8–12 с, 70:30 – на 0,5–44,5 с по сравнению со смесью муки без ППС.

Отсюда следует, внесение ППС взамен муки в мучные смеси способствует увеличению числа падения в среднем в 1,35–1,62 раза. Это обусловлено влиянием как повышенной кислотности ППС, инактивирующей действие амилаз муки, так и высокой водосвязывающей способности, увеличивающей вязкость водно-мучных смесей. При этом максимальное положительное влияние ППС на число падения наблюдается в мучных смесях с большей долей ржаной муки.

Как видно из данных, представленных на рисунке 5.6, внесение ППСЭ в состав смеси с ржаной мукой способствует увеличению числа падения при внесении 5 % и 10 % ППСЭ на 10–30 с, 20 % ППСЭ не влияет на число падения ржаной муки. Замена пшеничной муки в смеси на 5 % и 10 % ППСЭ способствует увеличению числа падения на 44–53 с.

В пшенично-ржаной смеси с соотношением 80:20 с увеличением дозировки ППСЭ число падения увеличивается на 57–70 с, 70:30 – на 19–59,5 с по сравнению со смесью муки без ППСЭ.

В ржано-пшеничной смеси с соотношением 50:50 с внесением ППСЭ число падения увеличивается на 3–33,5 с, 70:30 – на 11,5–21 с по сравнению со смесью муки без ППСЭ.

Следовательно, внесение ППСЭ взамен муки пшеничной хлебопекарной I сорта в мучные смеси способствует увеличению их числа падения в среднем в 1,2–1,4 раза по сравнению со смесью муки без ППСЭ. Положительное влияние ППСЭ на

число падения мучных смесей, по всей вероятности, обусловлено повышением вязкости и кислотности водно-мучных суспензий. Это обусловлено повышенной водосвязывающей способностью и кислотностью ППСЭ, вносимого в мучные смеси, по сравнению с мукой. При этом максимальное положительное влияние ППСЭ на число падения наблюдается в мучных смесях с пшеничной мукой и пшенично-ржаных смесях. Возможно, это связано с тем, что ППСЭ, ослабляя клейковину пшеничной муки, увеличивает ее способность к пептизации, что способствует увеличению вязкости смесей с пшеничной мукой и пшенично-ржаных смесей по сравнению с ржано-пшеничными. Одновременно с этим, вероятно, кукурузный крахмал, входящий в состав ППСЭ, более подвержен действию амилолитических ферментов муки, что сказывается на снижении числа падения смесей с ППСЭ по сравнению со смесями с ППС, так как в ржано-пшеничных смесях содержится большее количество  $\alpha$ -амилазы, вносимой с большей долей ржаной муки, которая интенсивно декстринизирует крахмал, вызывая разжижение водно-мучной смеси.

#### **5.4 Исследование влияния состава мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными на свойства теста**

Для определения влияния ППС и ППСЭ в составе мучных смесей на свойства теста использовали муку ржаную обдирную, муку пшеничную хлебопекарную I сорта, смеси муки ржаной обдирной и пшеничной хлебопекарной I сорта в соотношении 20:80, 30:70, 50:50, 70:30, 80:20 соответственно. ППС и ППСЭ в мучные смеси вносили взамен муки в количестве 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, в указанных ржано-пшеничных и пшенично-ржаных смесях производили замену муки пшеничной хлебопекарной I сорта.

Пшеничное тесто готовили безопарным способом, пшенично-ржаные и ржано-пшеничные образцы теста – на густой ржаной закваске. Рецептуры лабораторных образцов теста приведены в Приложении 16.

В тесте исследовали скорость газообразования, предельное напряжение сдвига и титруемую кислотность.

### 5.4.1 Определение количества воды на замес теста из мучной смеси с порошками пищевыми свекловичными

В связи со значительной гидрофильностью ППС и ППСЭ произвели предварительные исследования по определению количества воды на замес теста. Для этого с помощью прибора Пенетрометр АП/4 определяли предельное напряжение сдвига теста и методом подбора вносили такое количество воды на замес, чтобы предельное напряжение сдвига было близким контрольному образцу. Параллельно определяли влажность теста. Затем производили пересчет изменения количества воды на дозировку вносимых пищевых волокон. Тесто готовили по рецептуре, приведенной в Приложении 16. Результаты исследований для мучной смеси с соотношением муки ржаной обдирной и пшеничной хлебопекарной I сорта 50:50 представлены в таблицах 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1 – Определение количества воды на замес теста из мучной смеси с ППС

Наименование показателей	Контроль	Смесь муки и ППС 95:5	Смесь муки и ППС 90:10	Смесь муки и ППС 85:15	Смесь муки и ППС 80:20
Влажность теста, %	49,8	49,8	49,7	49,5	49,5
Предельное напряжение сдвига теста после замеса, $\text{кг/м}^2 \cdot 10^{-6}$	423±0.2	426±0.2	422±0.2	426±0.2	428±0.2
Количество воды на замес теста из 100 г смеси, $\text{см}^3$	55	82	84	88	92
Увеличение количества воды на замес, % к контролю	-	49,0	52,7	60,0	67,2

Как видно из данных, приведенных в таблице 5.1, замена муки пшеничной хлебопекарной I сорта в мучной смеси ППС способствует увеличению дозировки воды на 49 % – 67,2 %, т. е на каждый % вносимого в смесь ППС необходимо увеличивать дозировку воды на замес на 0,78 %.

Таблица 5.2 – Определение количества воды на замес теста из мучной смеси с ППСЭ

Наименование показателей	Контроль	Смесь муки и ППСЭ 95:5	Смесь муки и ППСЭ 90:10	Смесь муки и ППСЭ 85:15	Смесь муки и ППСЭ 80:20
Влажность теста, %	49,8±0.5	49,0±0.5	50,0±0.5	50,0±0.5	50,0±0.5
Предельное напряжение сдвига теста после замеса, кг/м <sup>2</sup> ·10 <sup>-6</sup>	423±0.2	426±0.2	435±0.2	438±0.2	431±0.2
Количество воды на замес теста из 100 г смеси, см <sup>3</sup>	55	83	86	89	94
Увеличение количества воды на замес, % к контролю	-	3,75	7,5	11,25	17,5

Как видно из данных, приведенных в таблице 5.2, замена пшеничной муки ППСЭ способствует увеличению воды на замес на 3,75 % – 17,5 %, т. е. на каждый % ППСЭ необходимо увеличивать дозировку воды на 0,75 % – 0,87 %.

Рецептуры лабораторных образцов теста с откорректированным количеством воды на замес приведены в Приложении 16.

#### 5.4.2 Исследования влияния состава мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными на скорость газообразования, кислотность и предельное напряжение сдвига теста

Скорость газообразования теста является важным показателем, от которого зависит ход технологического процесса, интенсивность брожения, накопление и образование веществ, обуславливающих вкус, запах и окраску корки хлеба.

Многочисленными исследованиями показано, что в газообразовании, происходящем при брожении теста, участвуют как собственные сахара муки, так и сахара, образующиеся в результате амилолиза крахмала [27, 59, 73, 187].

Результаты исследований влияния ППС ППСЭ на скорость газообразования теста представлены на рисунках 5.7–5.12.

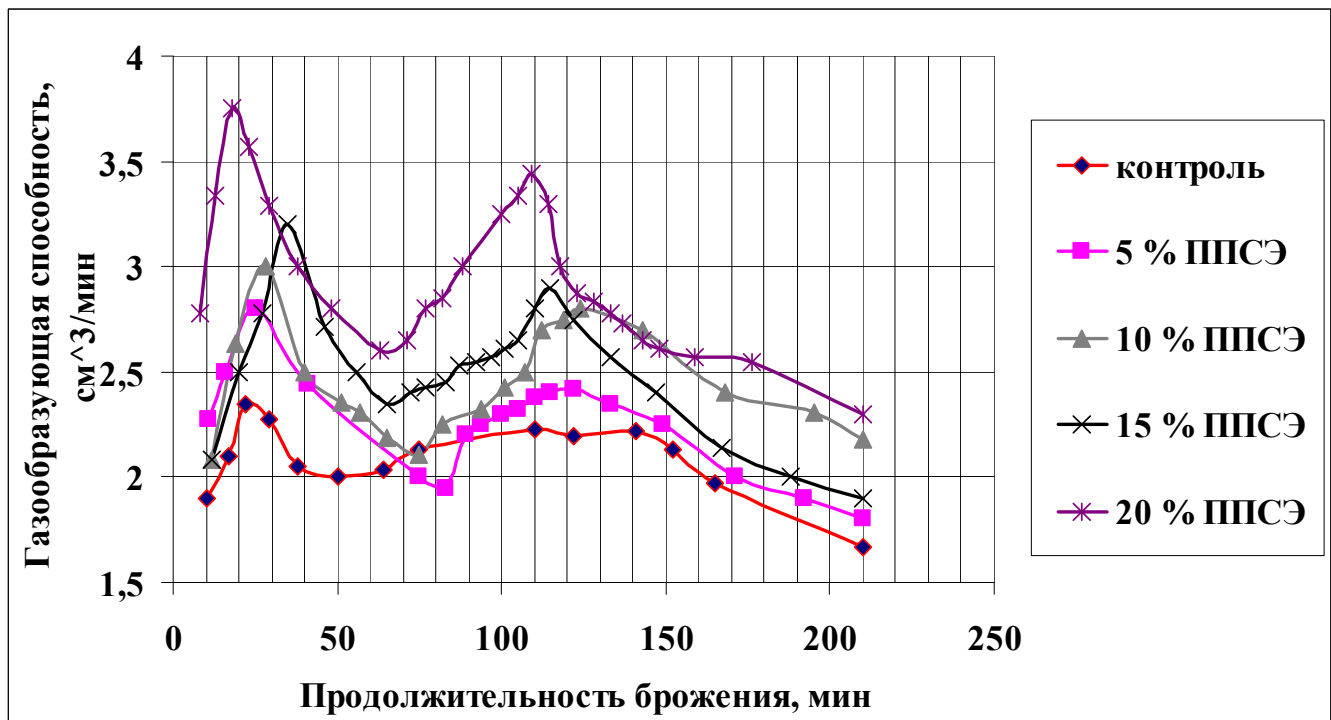
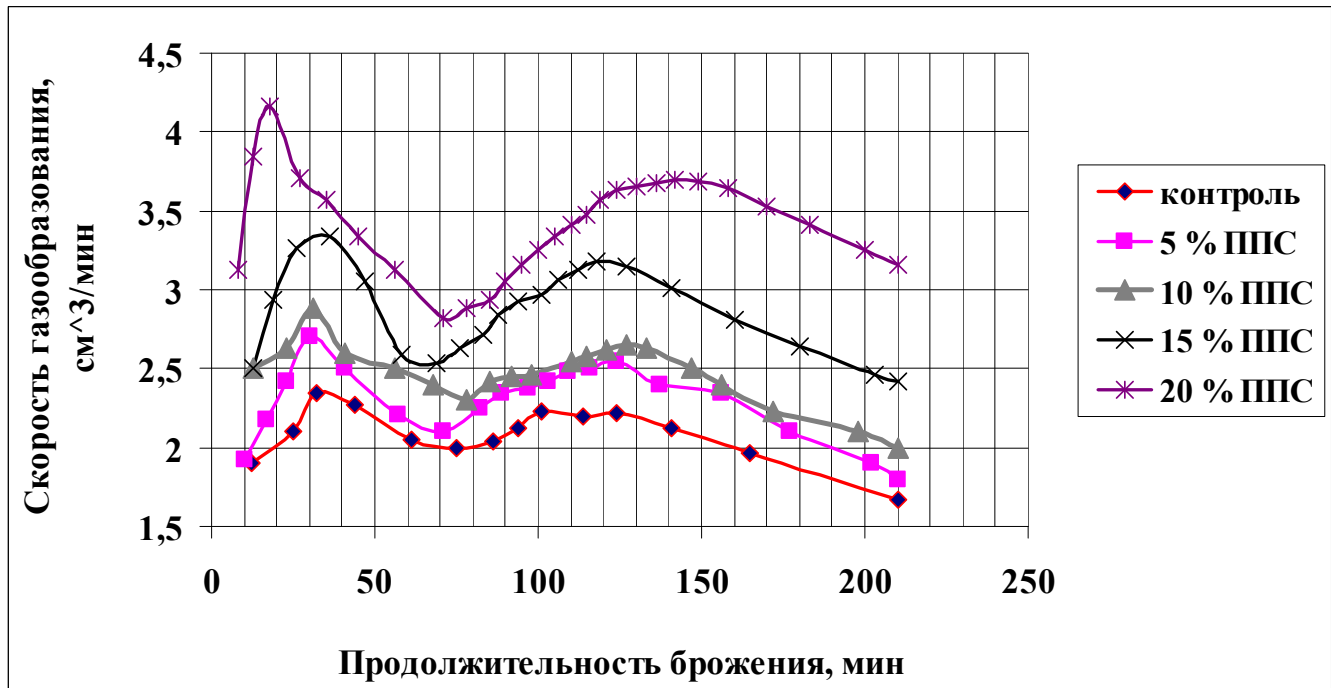


Рисунок 5.7 – Влияние ППС и ППСЭ на скорость газообразования ржаного теста

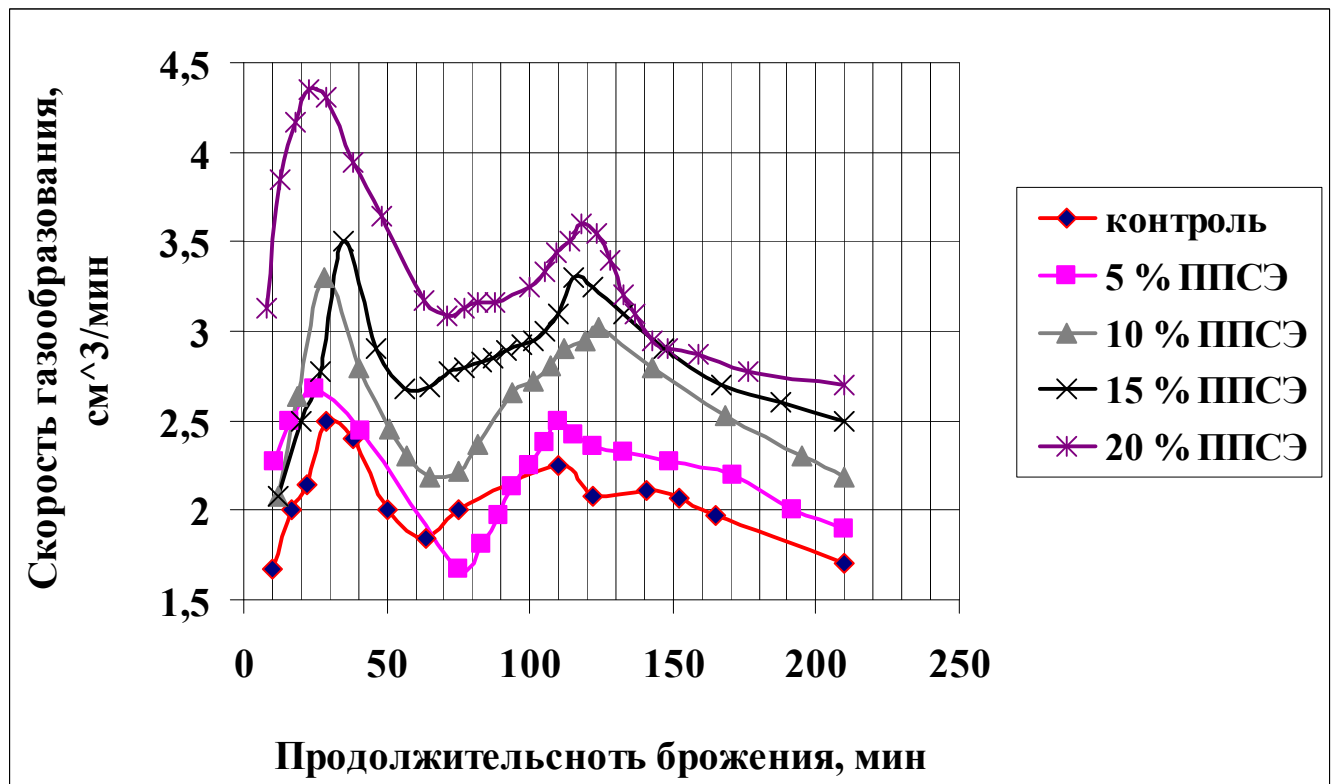
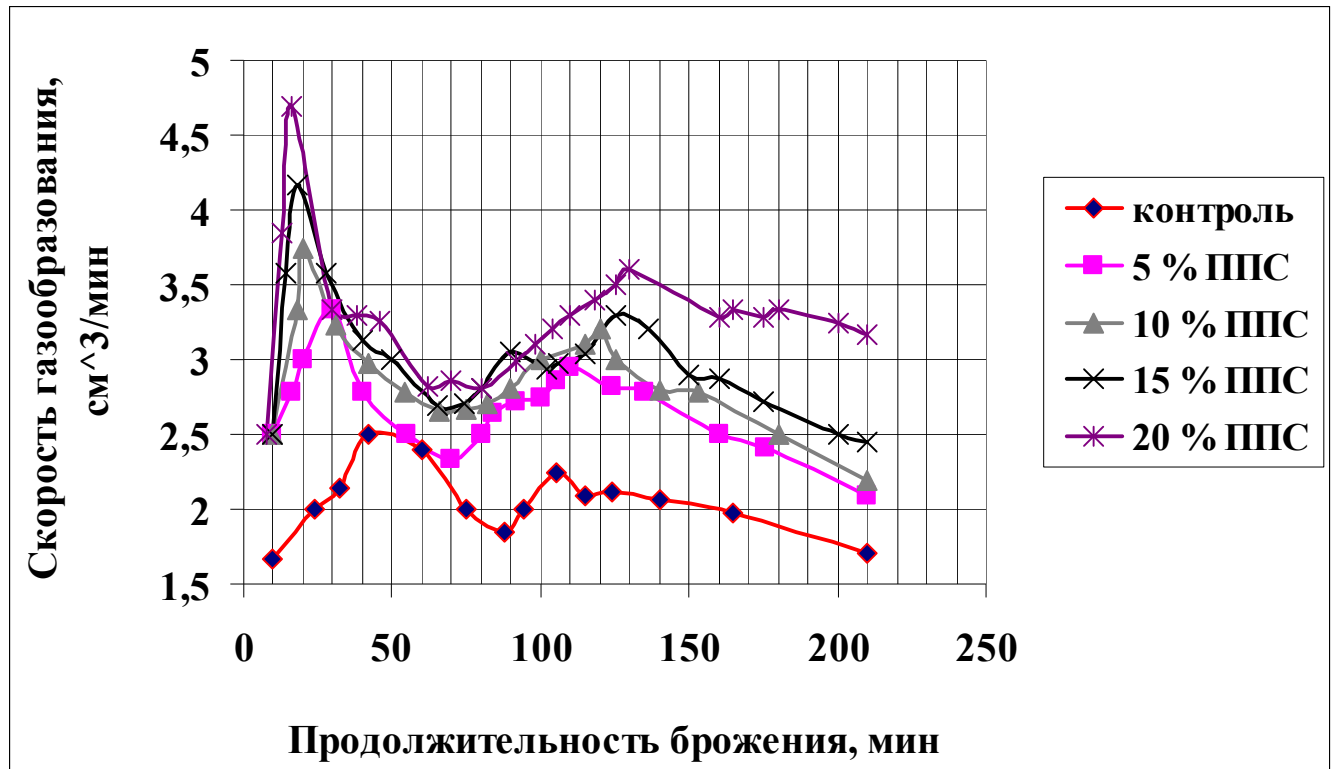


Рисунок 5.8 – Влияние ППС и ППСЭ на скорость газообразования пшеничного теста



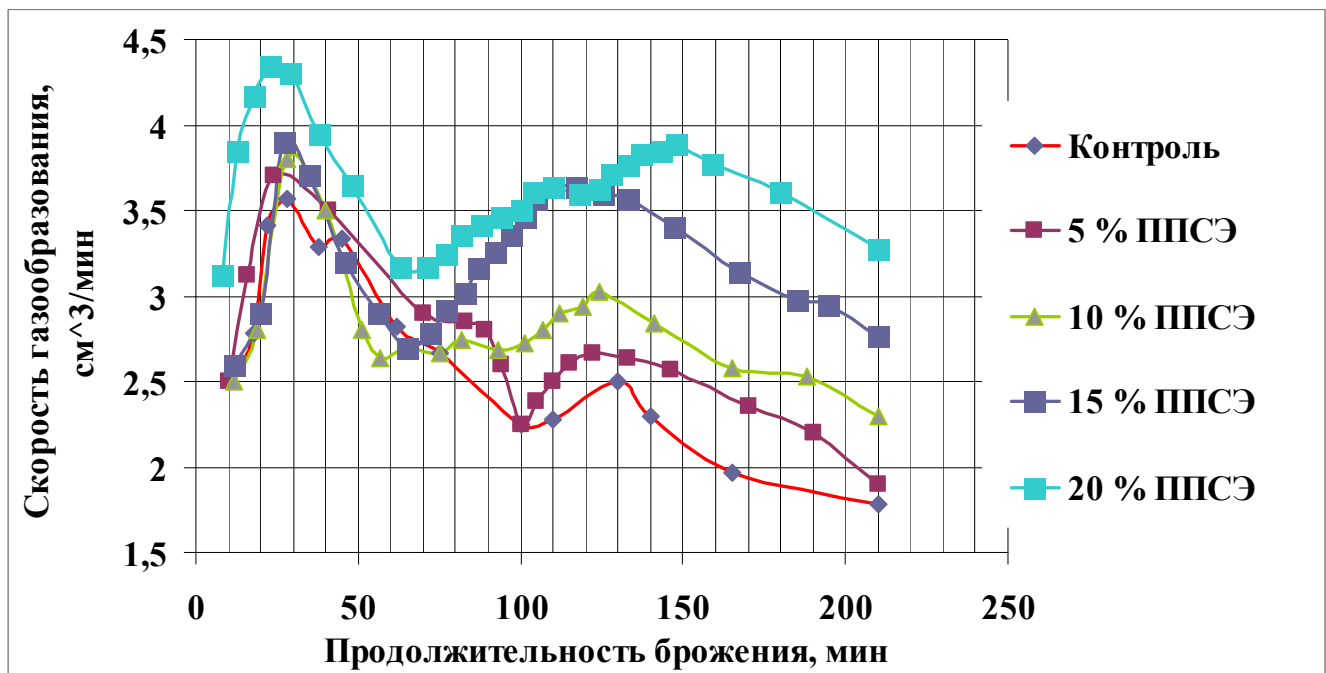
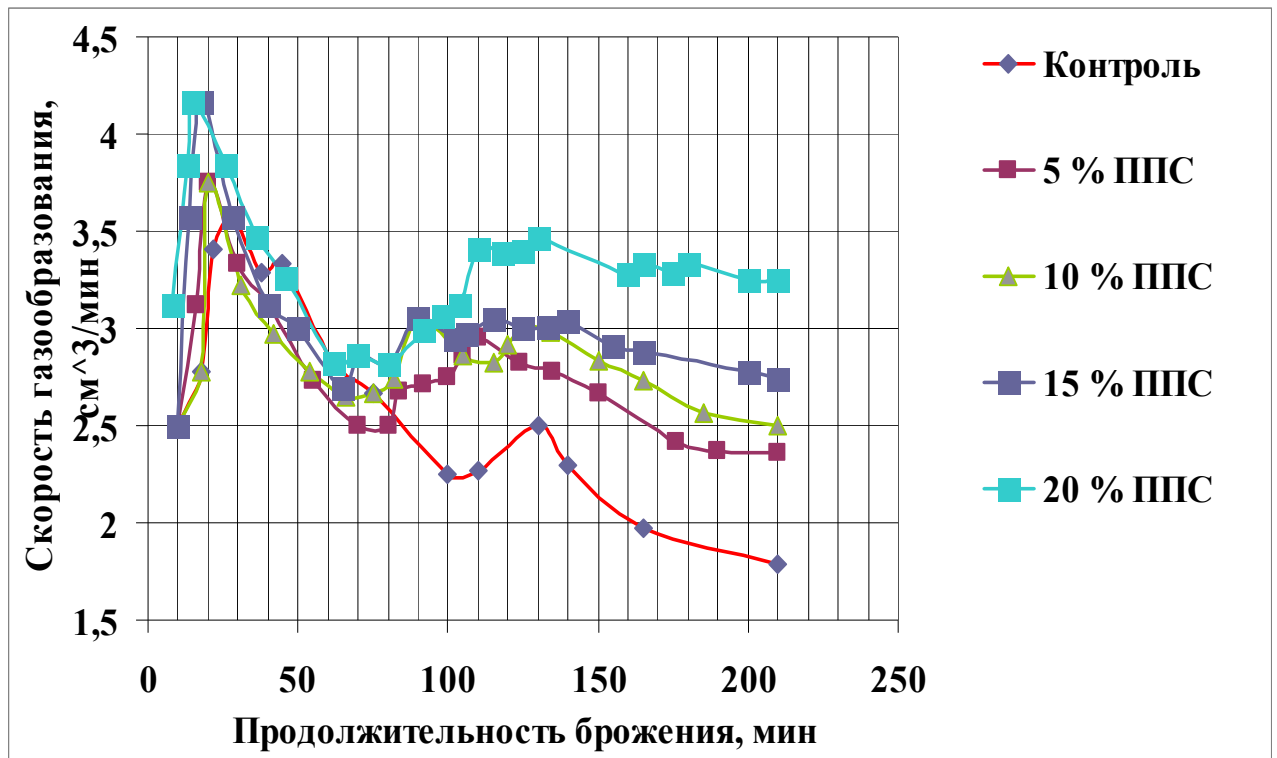


Рисунок 5.9 – Влияние ППС и ППСЭ на скорость газообразования пшенично-ржаного теста с соотношением муки 20:80

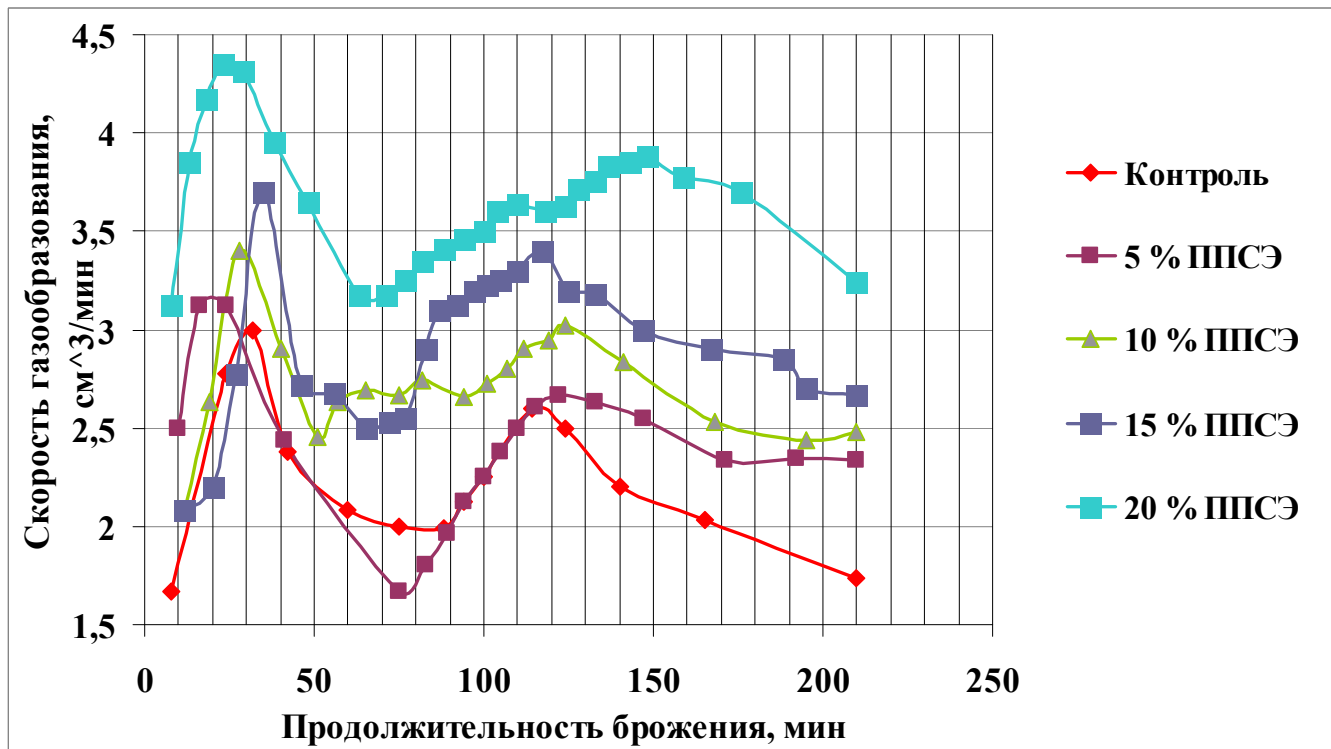
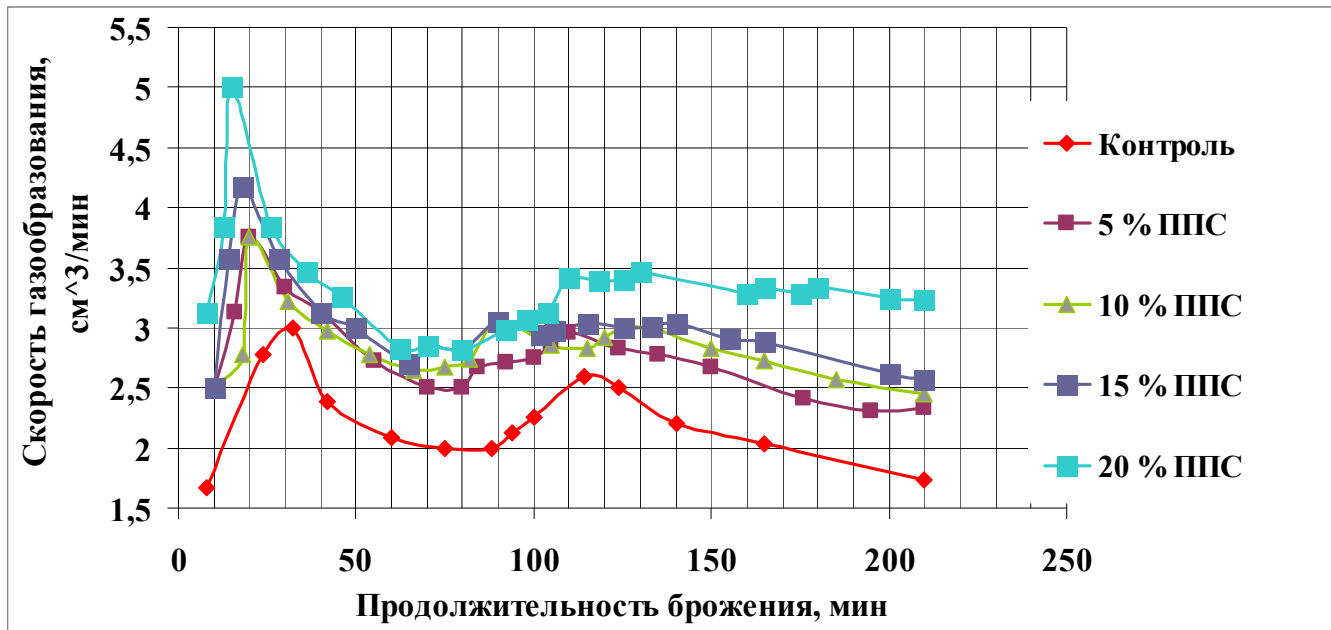


Рисунок 5.10 – Влияние ППС и ППСЭ на скорость газообразования пшенично-ржаного теста с соотношением муки 30:70

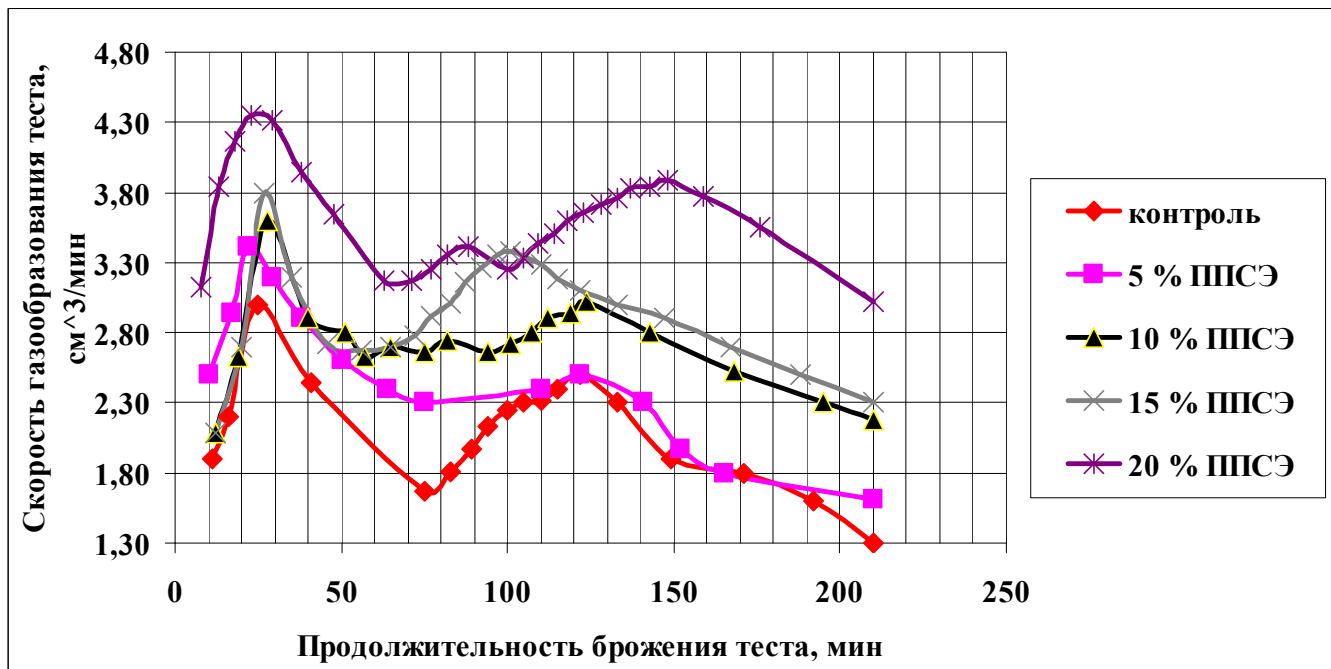
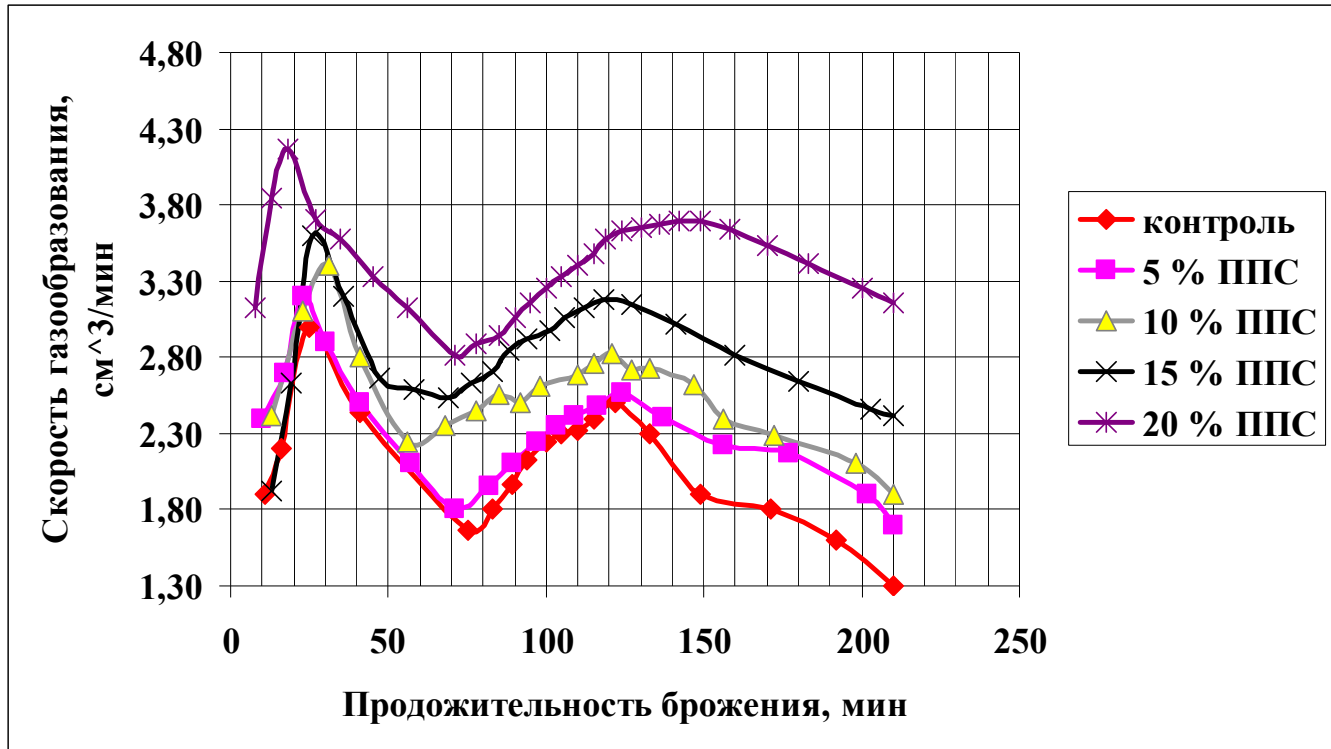


Рисунок 5.11 – Влияние ППС и ППСЭ на скорость газообразования ржано-пшеничного теста с соотношением муки 50:50

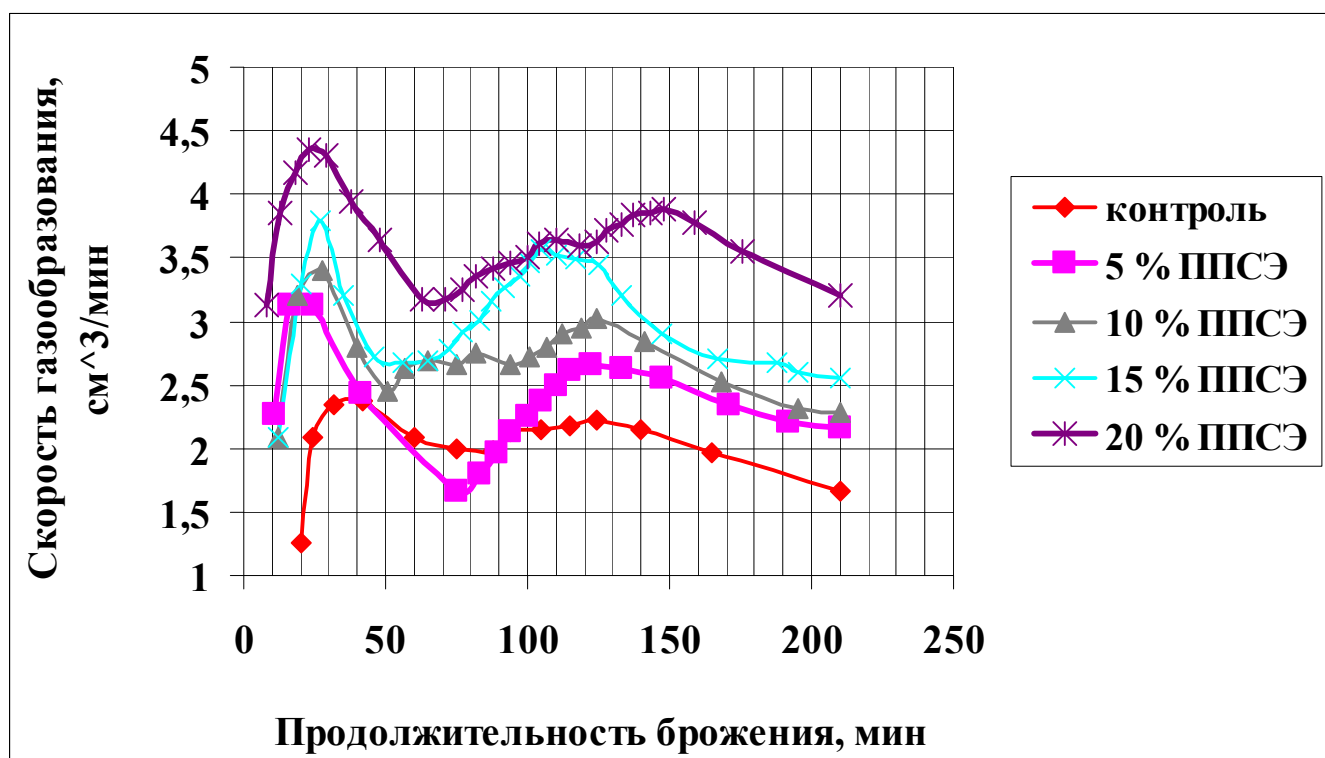
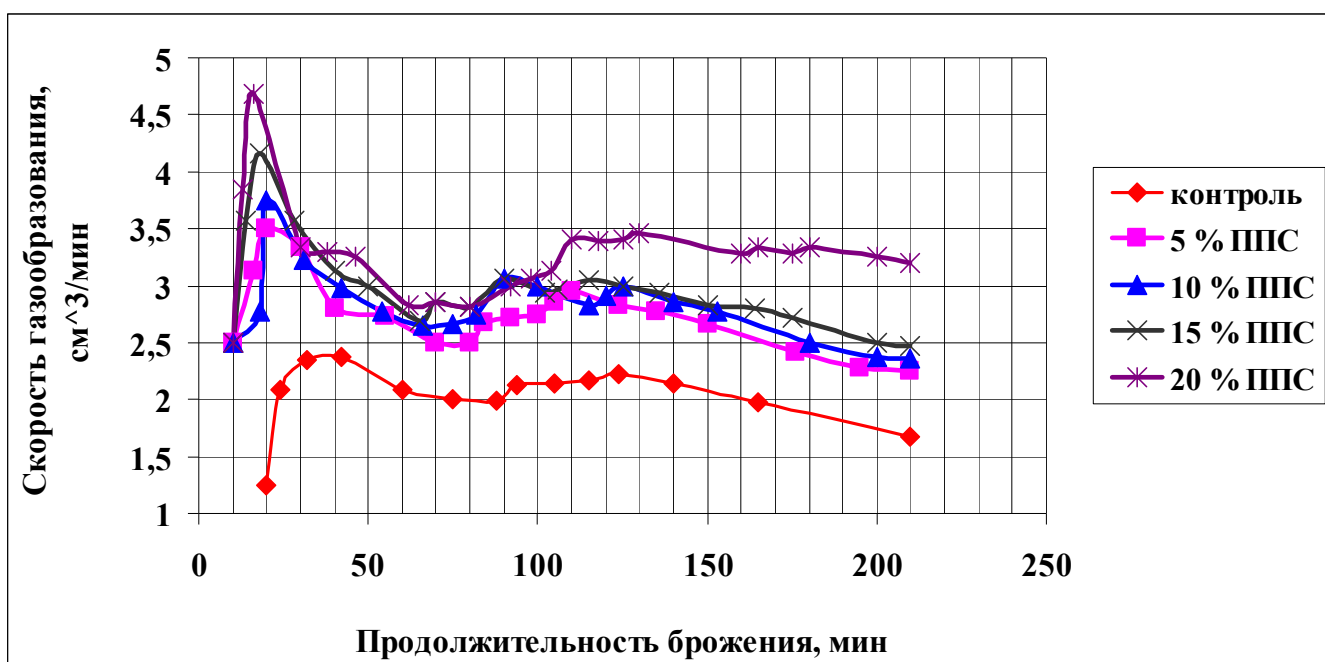


Рисунок 5.12 – Влияние ППС и ППСЭ на скорость газообразования ржано-пшеничного теста с соотношением муки 70:30

Как видно из данных, представленных на рисунках 5.7–5.12, скорость газообразования теста из смесей с ППС увеличивается в среднем на 18 % – 83 % по сравнению с контрольными образцами без ППС. Возможно, это обусловлено наличием редуцирующих сахаров в составе ППС, а также его богатым

аминокислотным составом, стимулирующим жизнедеятельность микрофлоры и, как следствие, увеличивающим скорость газообразования.

При внесении ППСЭ скорость газообразования увеличивается в среднем на 33 % – 85 % по сравнению с контрольными образцами. Это вызвано наличием в составе ППСЭ как редуцирующих сахаров, так и экструдированного кукурузного крахмала, более подверженного действию амилолитических ферментов муки. В результате действия амилаз образующиеся продукты гидролиза участвуют в процессах брожения теста, ускоряя их.

Следует отметить, что второго пика газообразования, свидетельствующего о готовности теста к разделке, и опытные и контрольные образцы достигают примерно в одно и то же время – через 120–125 минут, что и было принято за продолжительность брожения теста.

Отсюда с необходимостью следует, наличие ППС и ППСЭ в составе пшеничных, ржаных, ржано-пшеничных и пшенично-ржаных смесей способствует увеличению скорости газообразования теста. Причем скорость газообразования тем выше, чем выше дозировка ППС и ППСЭ в составе мучных смесей. Все это безусловно положительно влияет на физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий, таких как удельный объем, пористость, сжимаемость мякиша, а также цвет корки.

Конечная кислотность теста является показателем, характеризующим жизнедеятельность дрожжевой и молочнокислой микрофлоры теста. Вместе с тем этот показатель лимитирует продолжительность брожения. По этим причинам для определения влияния пищевых волокон на деятельность микрофлоры теста возникла необходимость определения его конечной кислотности. Результаты исследования влияния пищевых волокон ППС и ППСЭ в составе мучных смесей на конечную кислотность теста представлено на рисунках 5.13 и 5.14.

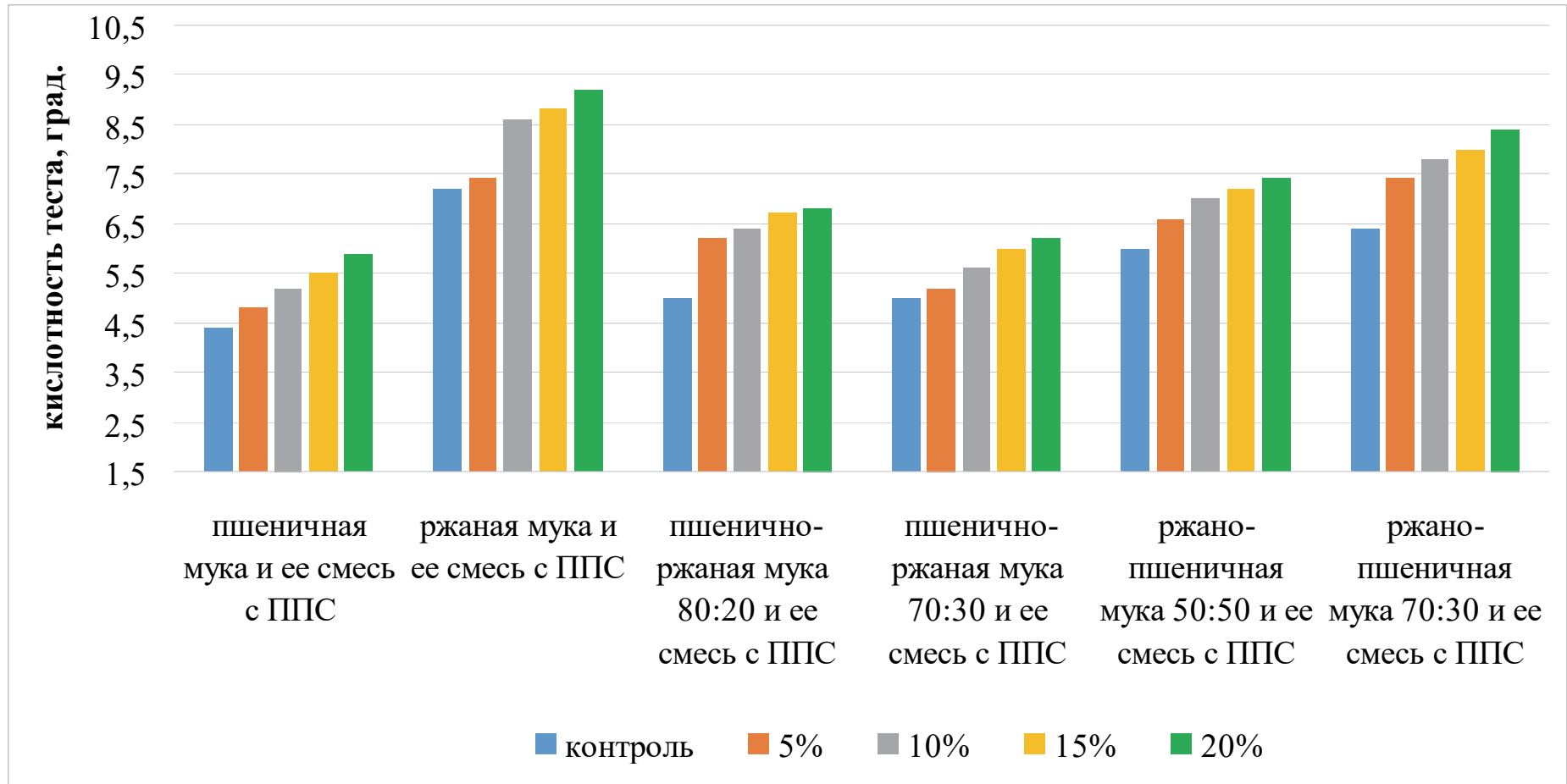


Рисунок 5.13 – Влияние ППС в составе мучных смесей на конечную кислотность теста

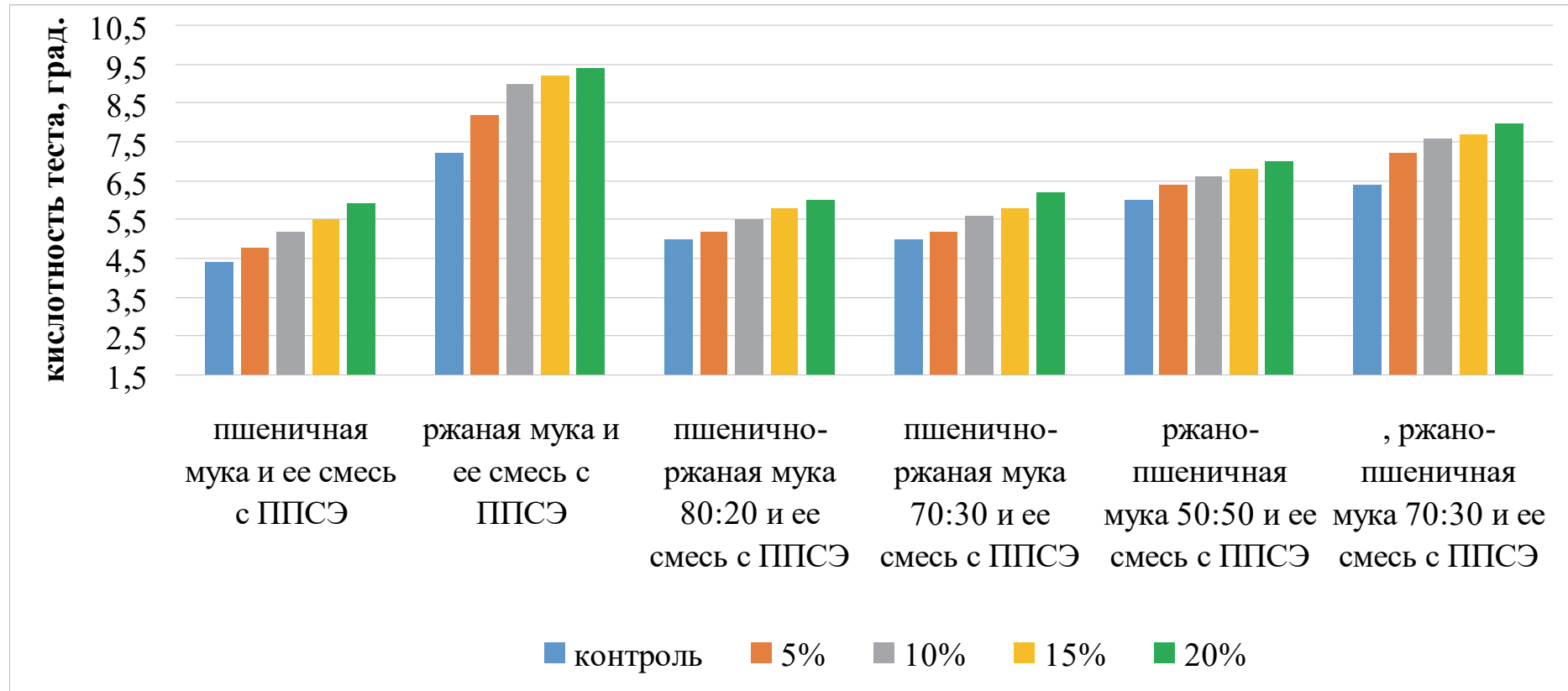


Рисунок 5.14 – Влияние ППСЭ в составе мучных смесей на конечную кислотность теста

Как видно из данных, представленных на рисунках 5.14 и 5.15, внесение ППС и ППСЭ взамен муки в мучных смесях способствует увеличению кислотности теста на 0,3–4,2 град. по сравнению с контрольными образцами. Наибольшее влияние на увеличение кислотности наблюдалось в образцах теста из пшеничных смесей с ППС и ППСЭ. Возможно, это обусловлено повышенной кислотностью ППС и ППСЭ, входящих в состав экспериментальных смесей, и повышенной скоростью газообразования, которая также способствует накоплению органических кислот в тесте в результате жизнедеятельности микрофлоры.

Реологические показатели качества теста оценивали по предельному напряжению сдвига теста из мучных смесей с ППС и ППСЭ после замеса, через 60 и 120 минут брожения.

Результаты исследования приведены на рисунках 5.15–5.20.



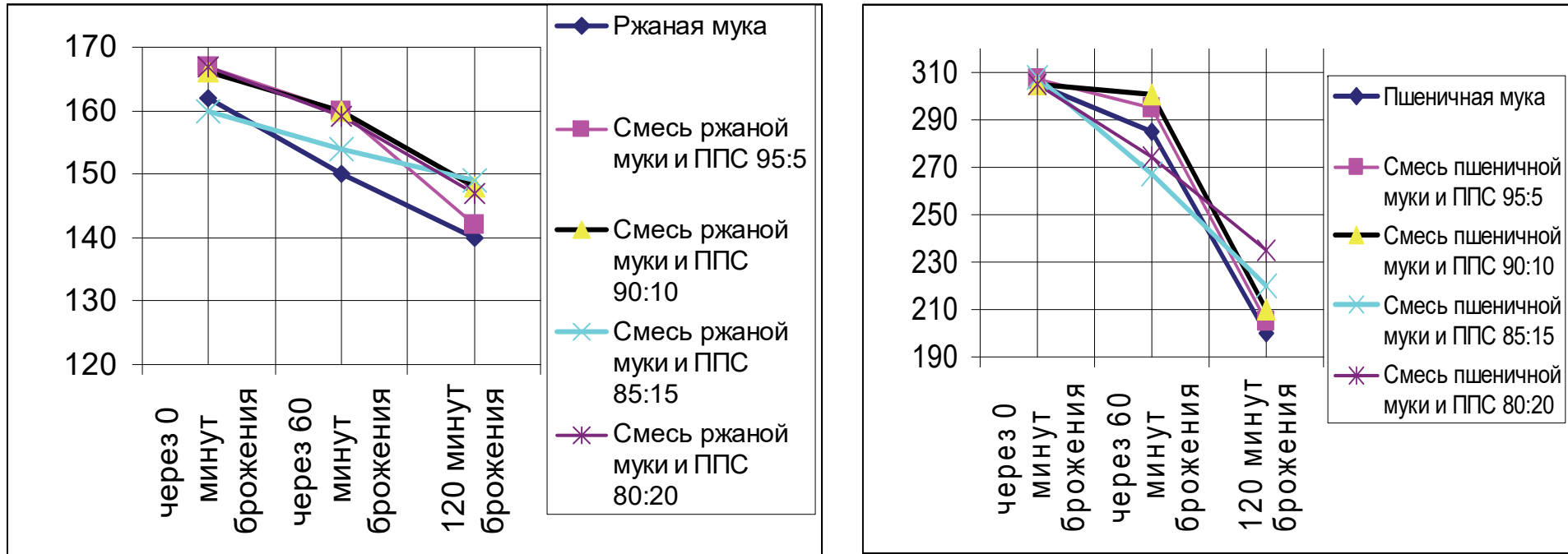


Рисунок 5.15 – Предельное напряжение сдвига теста из смеси ржаной и пшеничной муки и ППС,  $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot 10^{-6}$

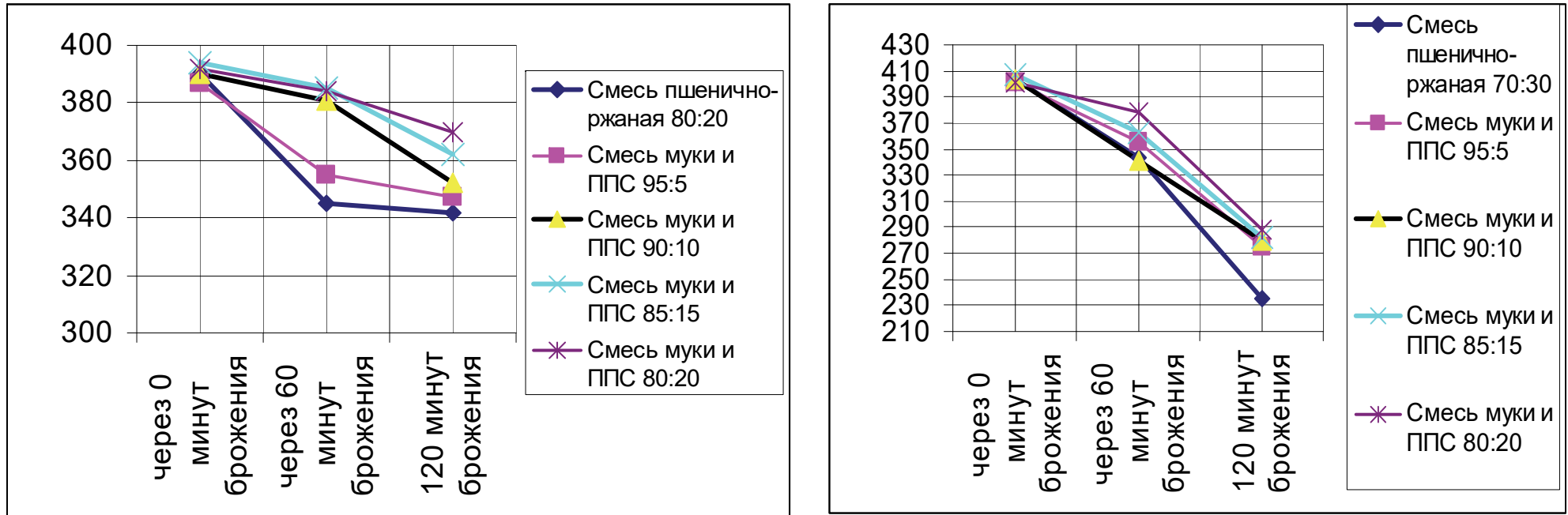


Рисунок 5.16 – Предельное напряжение сдвига теста из пшенично-ржаной смеси 80:20 и ППС и пшенично-ржаной смеси 70:30 и ППС,  $\text{кг/м}^2 \cdot 10^{-6}$

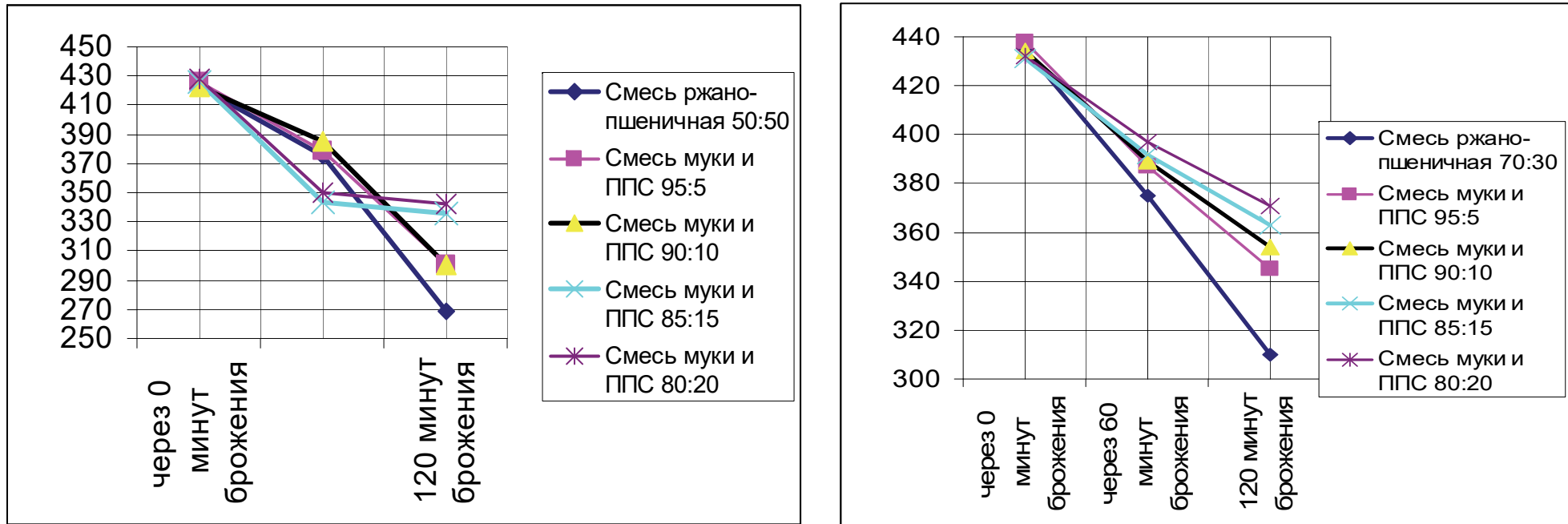


Рисунок 5.17 – Предельное напряжение сдвига теста из ржано-пшеничной смеси 50:50 и ППС и ржано-пшеничной смеси 70:30 и ППС,  $\text{кг/м}^2 \cdot 10^{-6}$

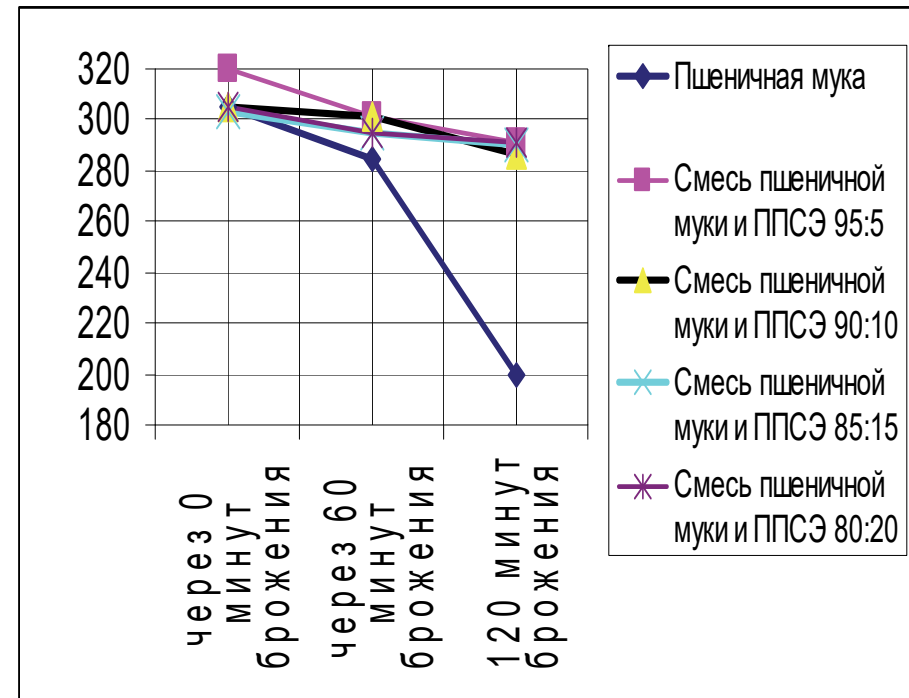
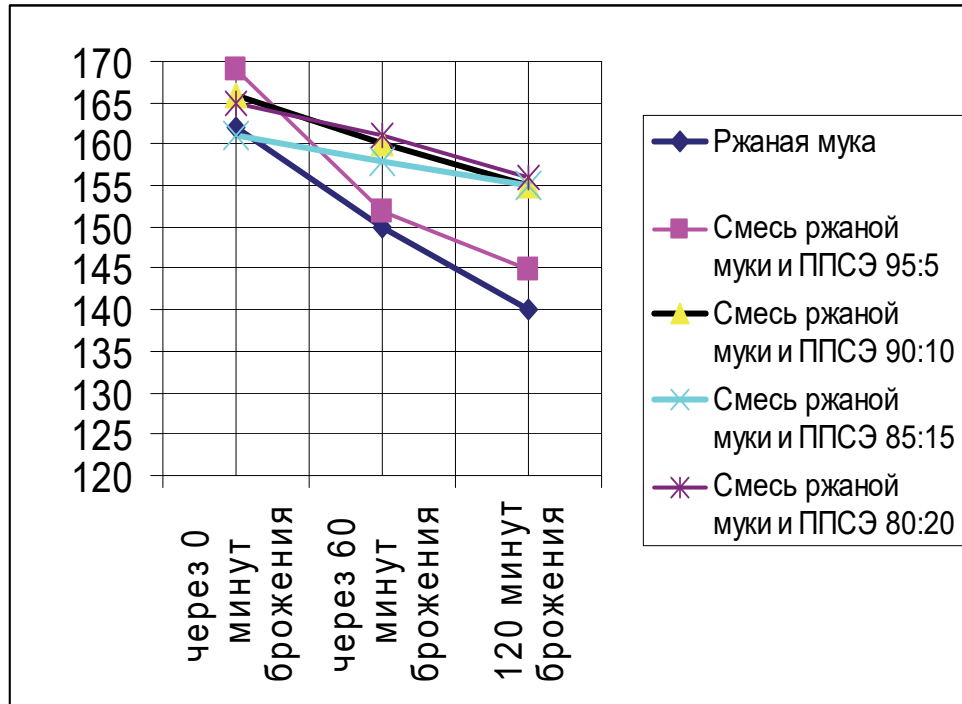


Рисунок 5.18 – Предельное напряжение сдвига теста из смеси ржаной и пшеничной муки и ППСЭ,  $\text{кг/м}^2 \cdot 10^{-6}$

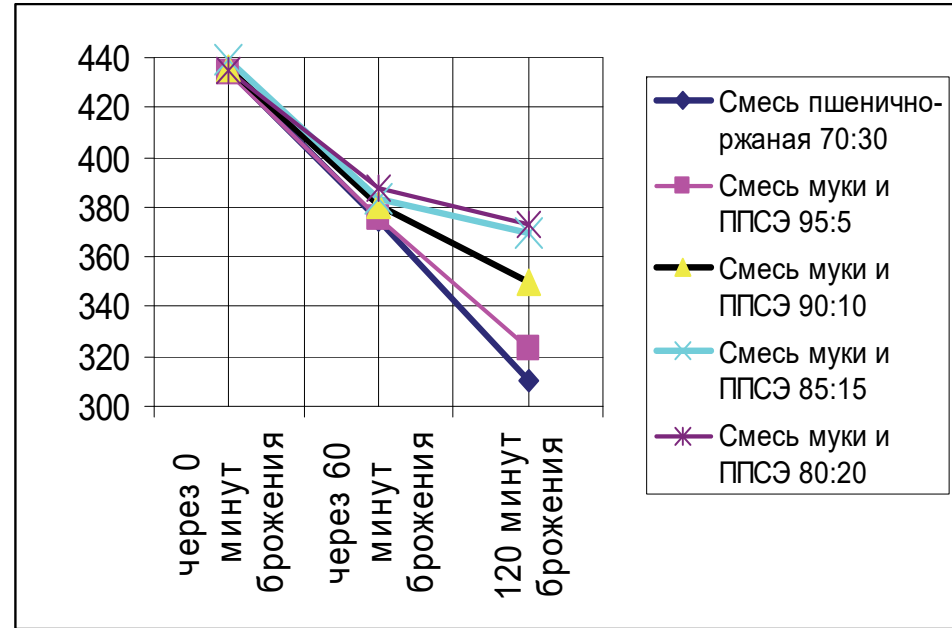
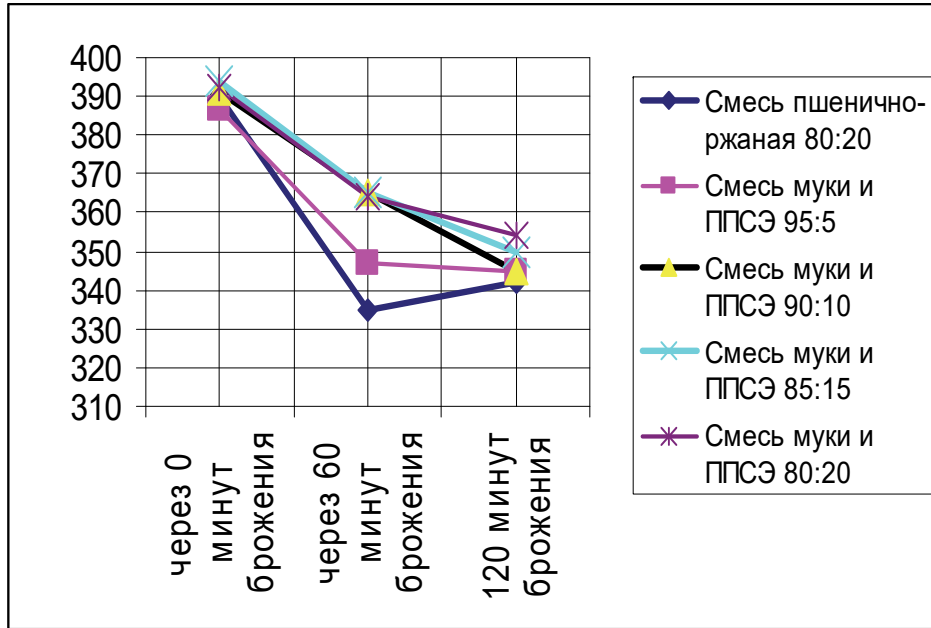


Рисунок 5.19 – Предельное напряжение сдвига теста из пшенично-ржаной смеси 80:20 и ППСЭ и пшенично-ржаной смеси 70:30 и ППСЭ,  $\text{кг/м}^2 \cdot 10^{-6}$

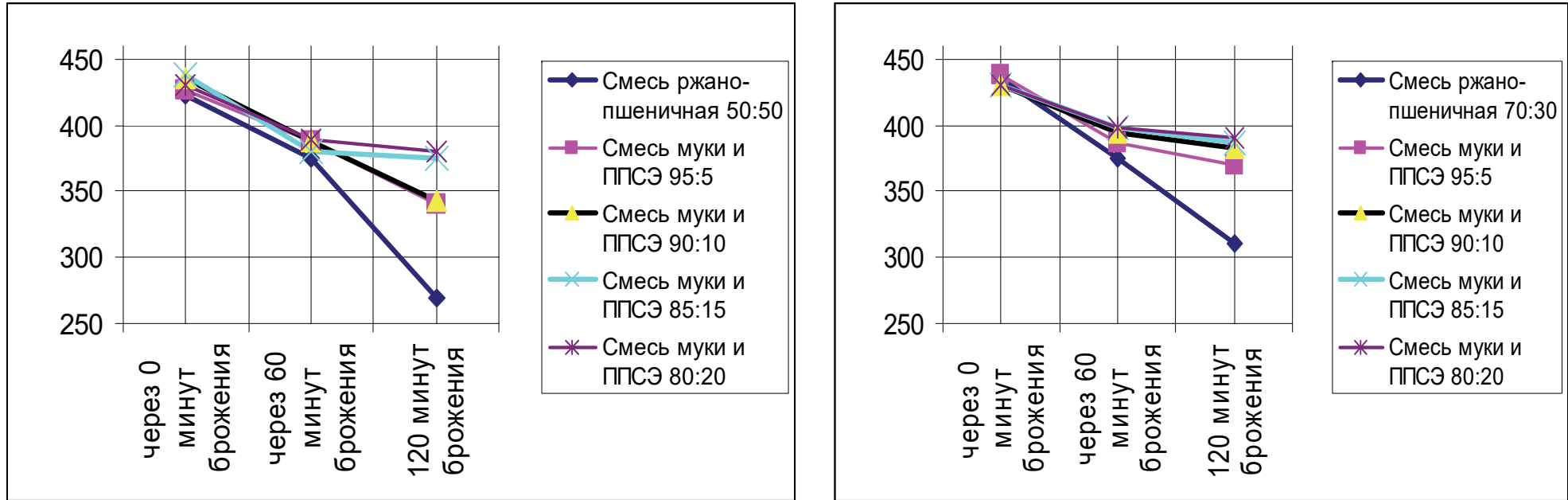


Рисунок 5.20 – Предельное напряжение сдвига теста из ржано-пшеничной смеси 50:50 и ППСЭ и ржано-пшеничной смеси 70:30 и ППСЭ,  $\text{кг/м}^2 \cdot 10^{-6}$

Как видно из данных, представленных на рисунках 5.15–5.20, начальное значение предельного напряжения сдвига теста из мучных смесей с ППС и ППСЭ близко к контрольному образцу, что свидетельствует о правильно проведенном расчете количества воды на замес теста с учетом повышенной водосвязывающей способности вносимых пищевых волокон. Однако в течение времени брожения вязкость теста из смесей с ППС и ППСЭ становится выше, чем у контрольного образца на 4,6 % – 18,9 % и 4,5 % – 50,6 % соответственно. Возможно, это обусловлено высокой водосвязывающей способностью ППС и ППСЭ, обусловленной наличием в них таких гидрофильных компонентов, как целлюлоза, гемицеллюлоза и пектин, которые продолжают связывать влагу теста в течение всего периода брожения, снижая липкость теста на период его разделки.

### **5.5 Исследования влияния состава мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными на качество хлебобулочных изделий**

В исследовании влияния состава мучных смесей с ППС и ППСЭ на качество хлебобулочных изделий для их приготовления использовали муку ржаную обдирную, муку пшеничную хлебопекарную I сорта, смеси муки ржаной обдирной и пшеничной хлебопекарной I сорта в соотношении 20:80, 30:70, 50:50, 70:30 соответственно. ППС и ППСЭ в мучные смеси вносили взамен муки в количестве 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, в указанных ржано-пшеничных и пшенично-ржаных смесях производили замену муки пшеничной хлебопекарной I сорта.

Пшеничные сорта хлебобулочных изделий готовили безопасным способом, пшенично-ржаные и ржано-пшеничные на густой ржаной закваске. Рецептуры лабораторных образцов теста приведены в Приложении 16. После окончания брожения и расстойки тестовые заготовки выпекали в лабораторной печи при температуре 200–220 °С. Готовые хлебобулочные изделия анализировали после остывания через 8–12 часов. Результаты исследований представлены в Приложении 17 и на рисунках 5.21–5.26.

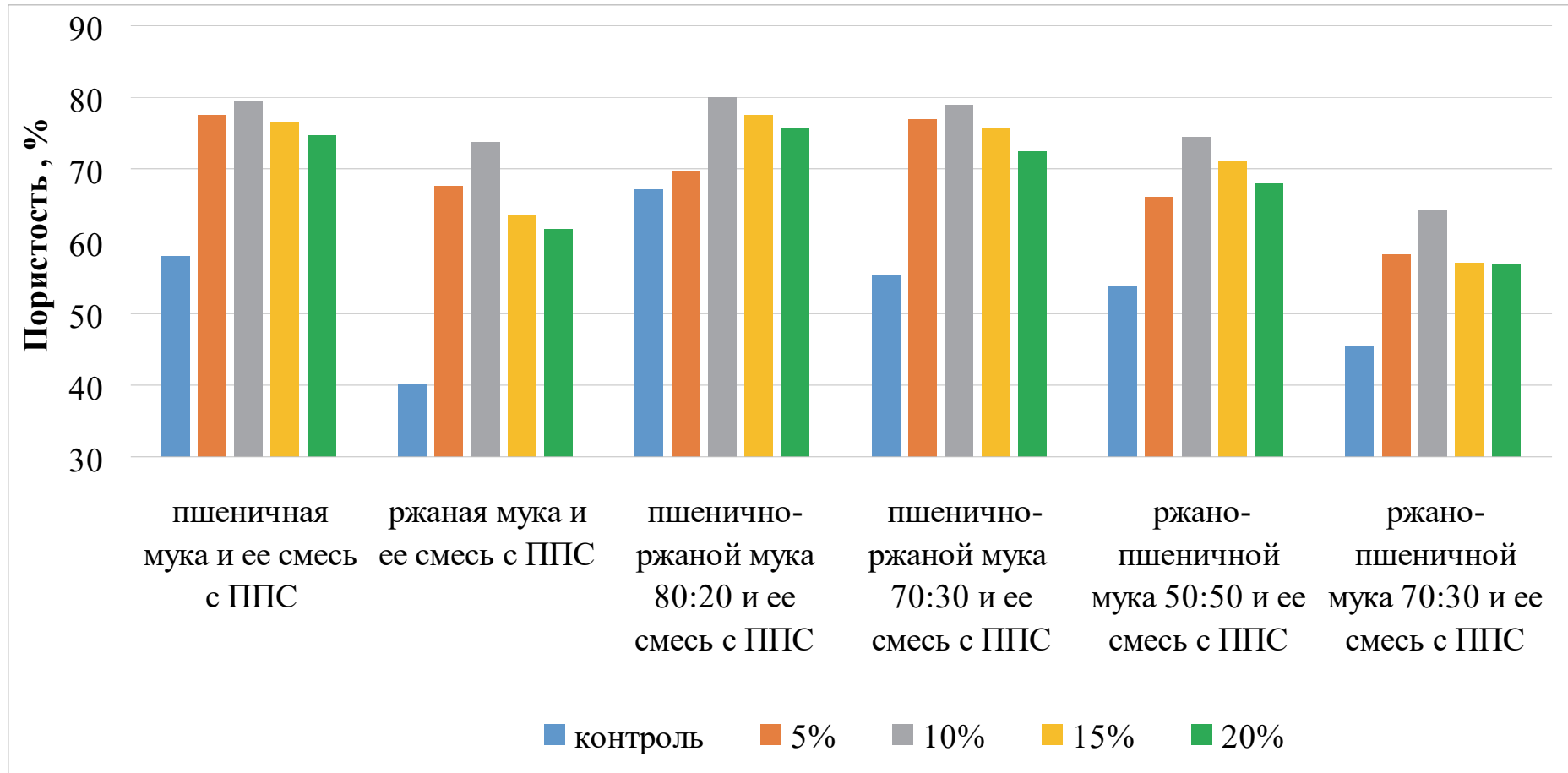


Рисунок 5.21 – Влияние ППС в составе мучных смесей на пористость хлебобулочных изделий



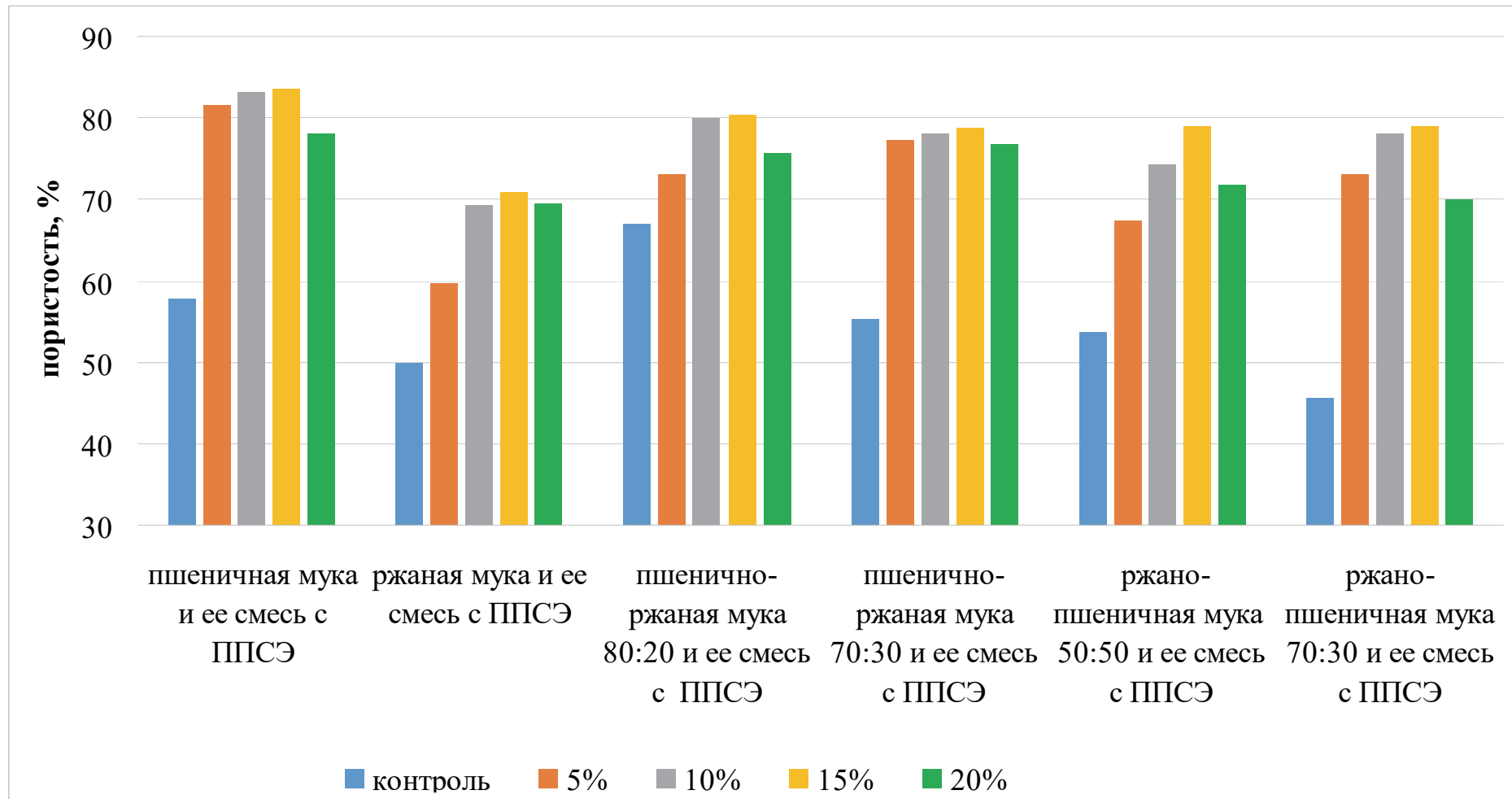


Рисунок 5.22 – Влияние ППСЭ в составе мучных смесей на пористость хлебобулочных изделий

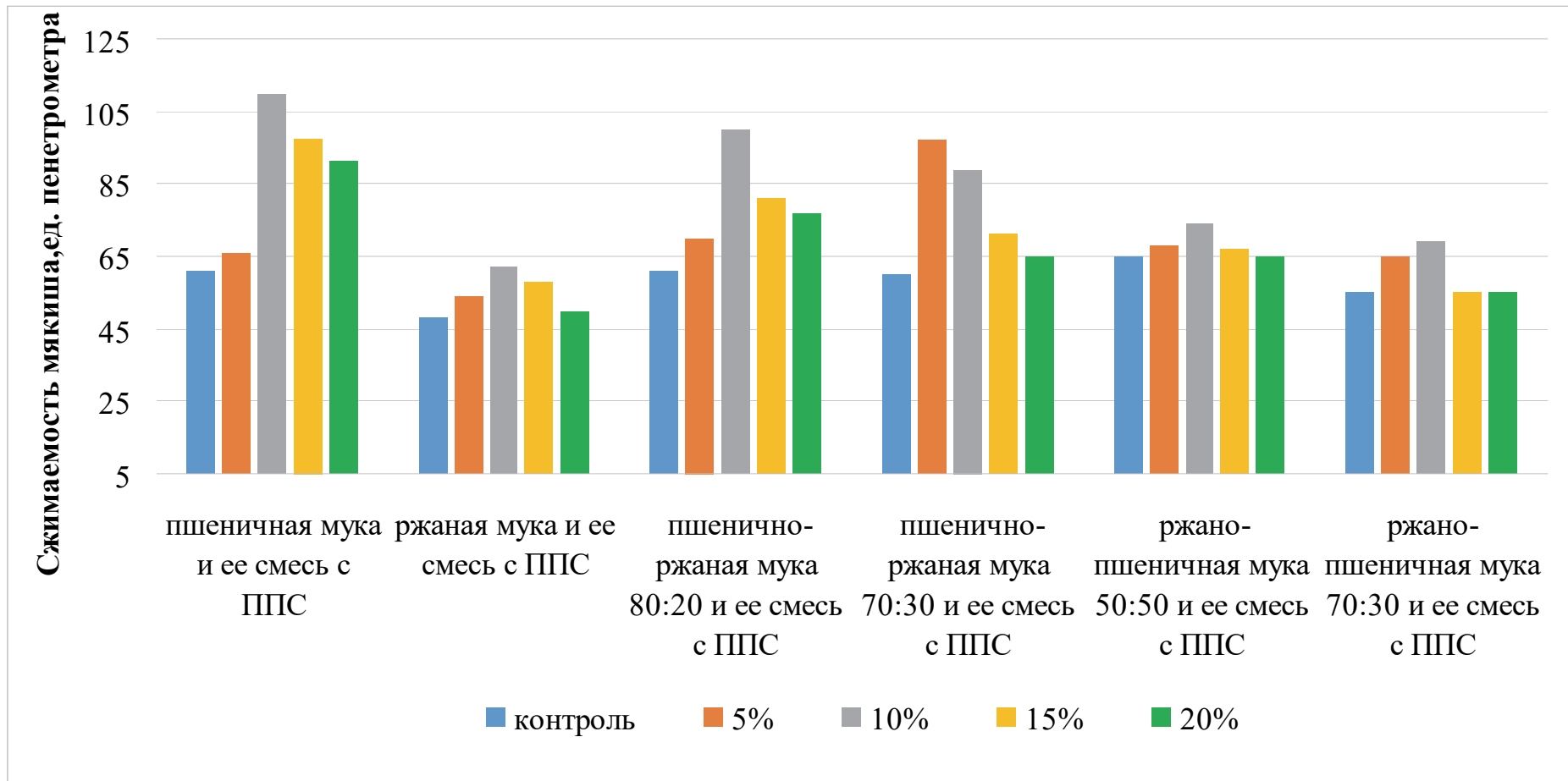


Рисунок 5.23 – Влияние ППС в составе мучных смесей на сжимаемость мякиша хлебобулочных изделий

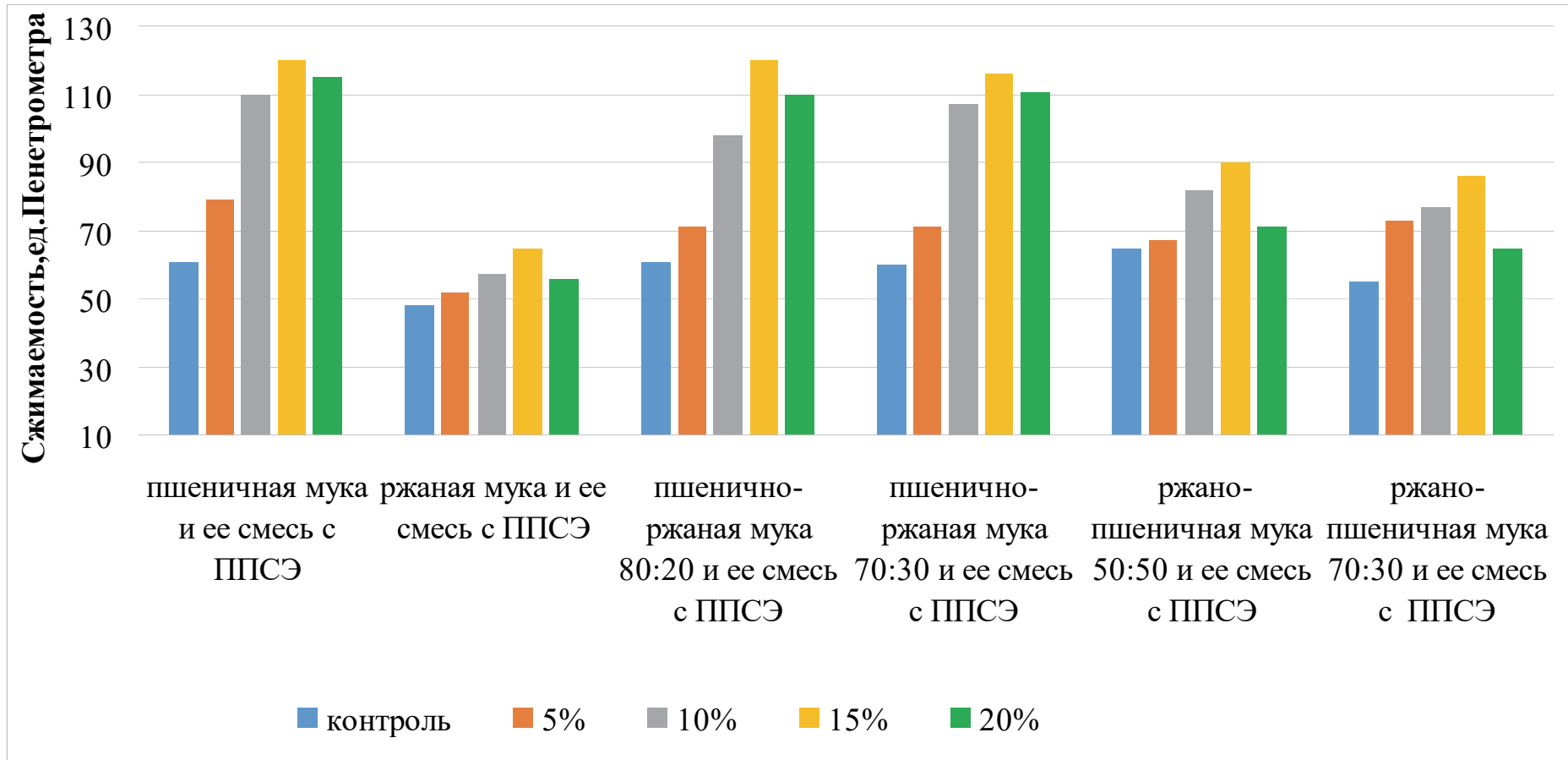


Рисунок 5.24 – Влияние ППСЭ в составе мучных смесей на сжимаемость мякиша хлебобулочных изделий

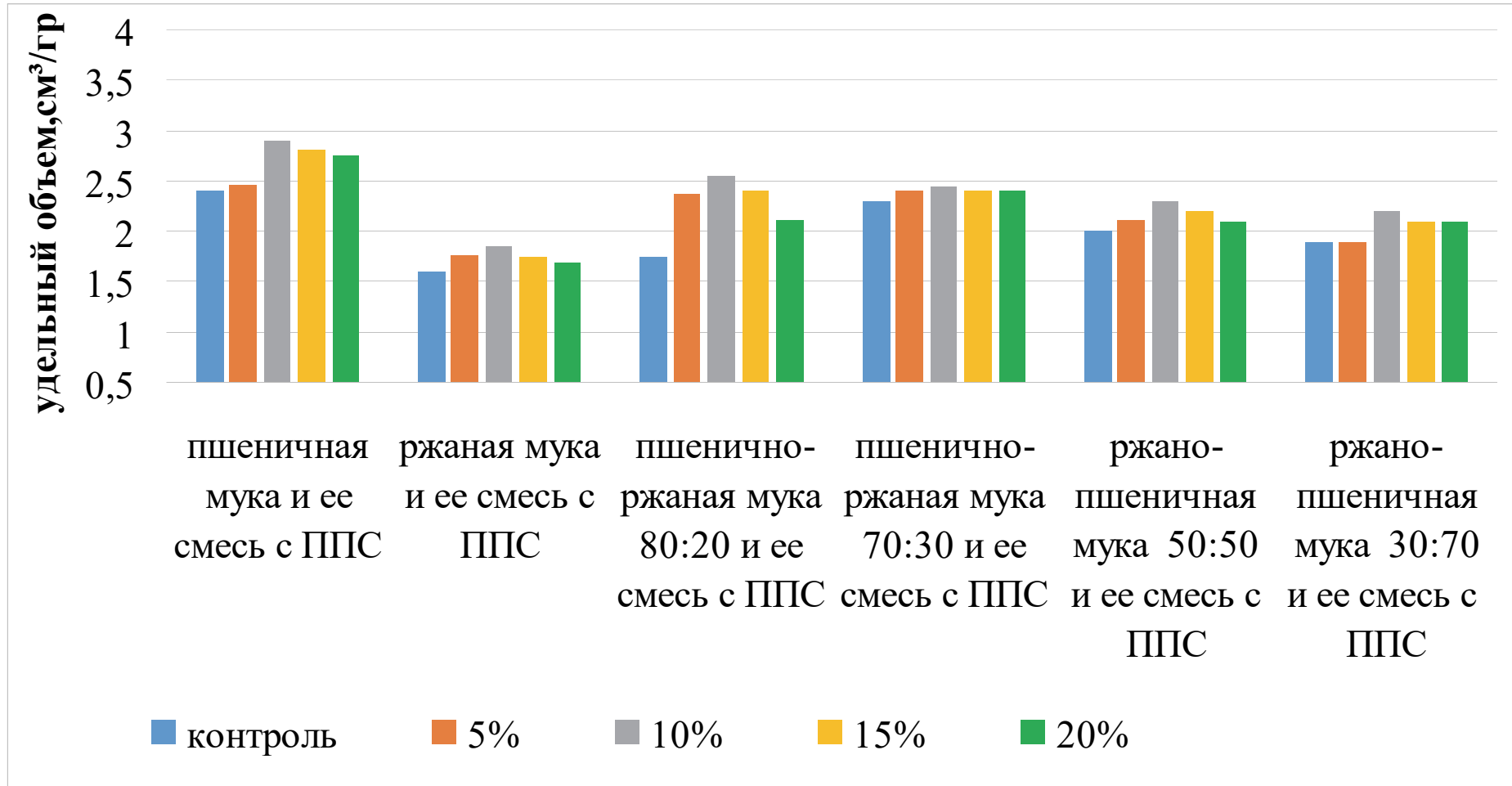


Рисунок 5.25 – Влияние ППС в составе мучных смесей на удельный объем хлебобулочных изделий

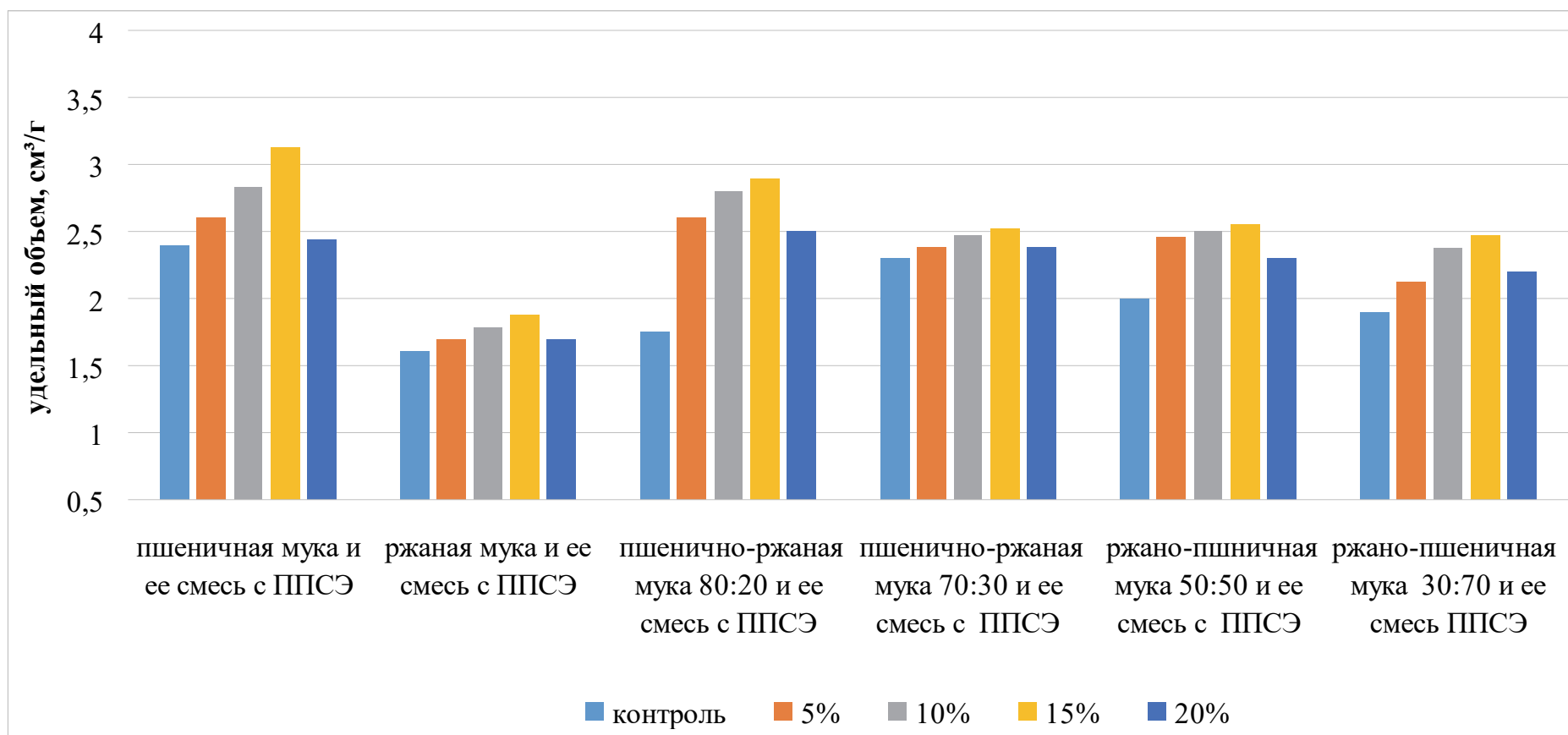


Рисунок 5.26 – Влияние ППСЭ в составе мучных смесей на удельный объем хлебобулочных изделий

Полученные параметры, представленные в Приложении 17 и на рисунках 5.21, 5.23, 5.25, позволяют утверждать, что внесение ППС в состав мучных смесей способствует повышению удельного объема и пористости хлебобулочных изделий в среднем в 1,1–2,1 раза и 5 % – 29 % соответственно по сравнению с контрольными образцами. При этом показатели сжимаемости мякиша возрастают в 1,5–3 раза, упругости – в 1,2–3,2 раза, пластичности – в 1,1–3,7 раза по сравнению с образцами без ППС.

Показатели, представленные в Приложении 17 и на рисунках 5.22, 5.24, 5.26, показывают, что соответствующее частичное внесение ППСЭ взамен муки способствуют повышению удельного объема и пористости хлебобулочных изделий в среднем в 1,2–2,5 раза и 5–31 % соответственно по сравнению с контрольными образцами. Показатели сжимаемости мякиша при этом возрастают в 2–5 раз, упругости – в 1,5–4,5 раза, пластичности – в 1,3–4,3 раза по сравнению с образцами из муки без ППСЭ.

С большой долей вероятности это обусловлено как повышенной газообразующей способностью теста из мучных смесей с ППС, так и повышенной его вязкостью, увеличивающей газодерживающую способность теста. В результате улучшаются такие показатели, как удельный объем, пористость и сжимаемость мякиша по сравнению с контрольными образцами теста без пищевых волокон.

Максимально высоким удельным объемом, пористостью и сжимаемостью мякиша обладали образцы хлебобулочных изделий с внесением взамен муки в мучные смеси 10 % ППС и 15 % ППСЭ.

Кислотность хлебобулочных изделий из смесей с ППС и ППСЭ в среднем выше, чем в контрольных образцах на 0,5–3 град., что, возможно, связано с более высокой конечной кислотностью теста из мучных смесей с ППС и ППСЭ. Влажность хлебобулочных изделий из мучных смесей с ППС и ППСЭ в среднем ниже на 1 % – 10 %, что, вероятно, обусловлено связыванием воды пищевыми волокнами при повышении температуры тестовой заготовки при выпечке.

Одним из самых важных технологических параметров при производстве хлебобулочных изделий является их выход. Данные, характеризующие выход хлебобулочных изделий из мучных смесей с ППС и ППСЭ, представлены в Приложении 17 и на рисунках 5.27 и 5.28.

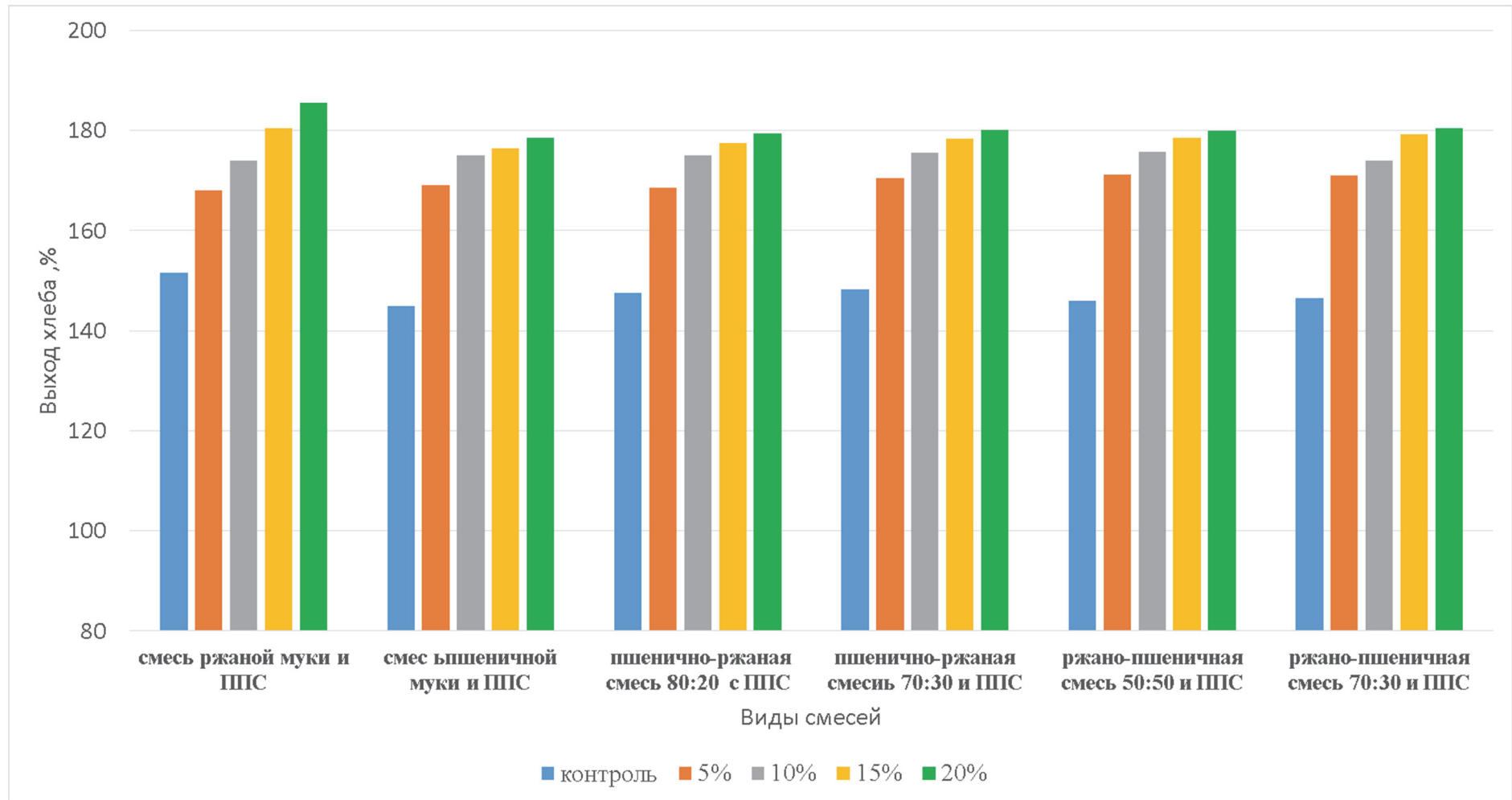


Рисунок 5.27 – Влияние ППС в составе мучных смесей на выход хлеба



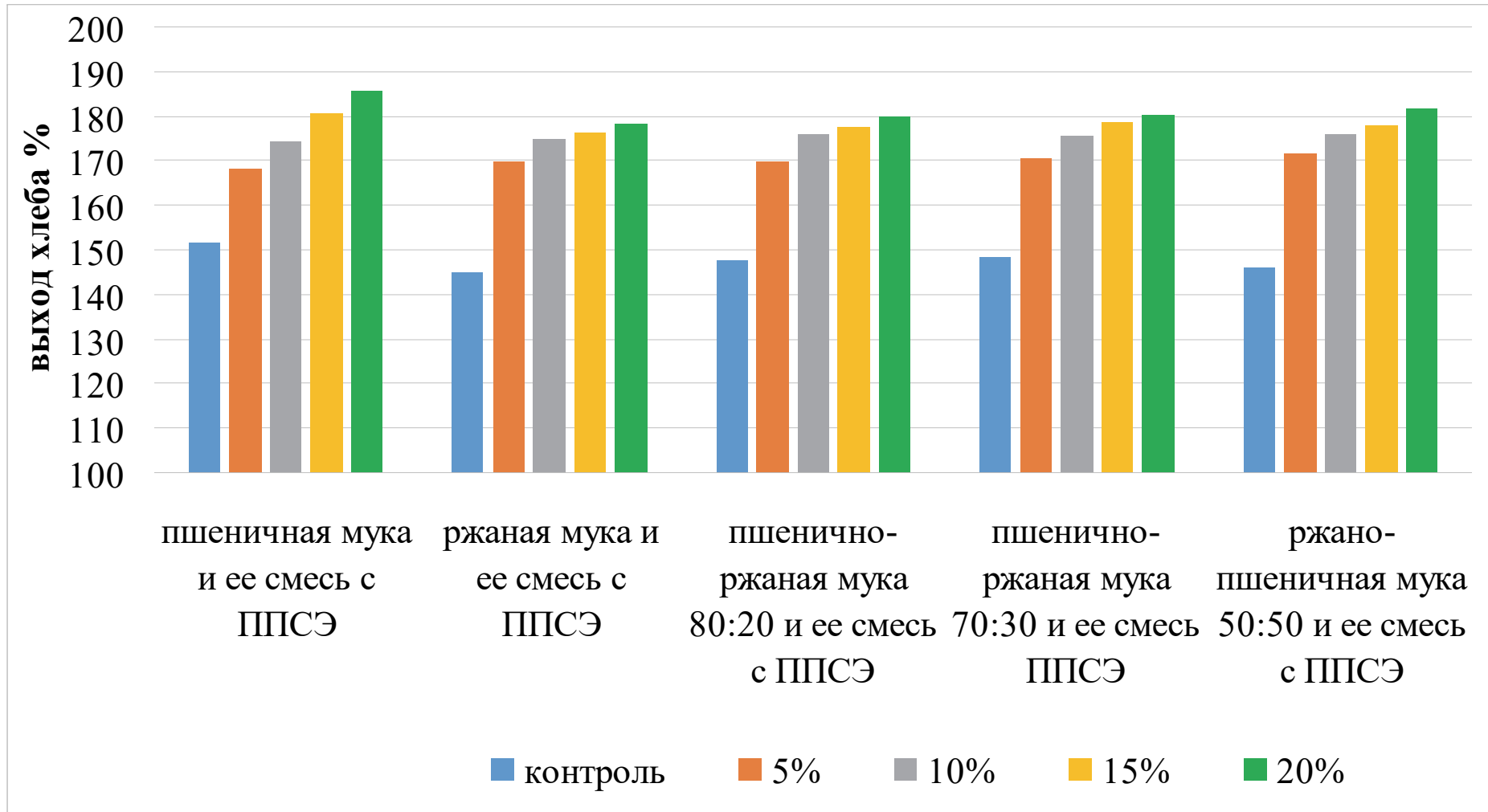


Рисунок 5.28 – Влияние ППСЭ в составе мучных смесей на выход хлеба

Из данных, представленных на рисунках 5.27–5.28, видно, внесение ППС и ППСЭ способствует увеличению выхода на 10 % – 28 %. Это связано с повышенной водопоглотительной способностью мучных смесей с пищевыми волокнами, позволяющей увеличить количество воды на замес, что положительно сказывается не только на увеличении выхода хлебобулочных изделий из пшеничной, ржаной муки и их смеси, но и улучшении их физико-химических показателей.

На основании проведенных исследований были разработаны ТУ 9113-316-02069036-2015 «Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными» (Приложение 10). Разработанная технология прошла промышленную апробацию на ООО «Колпнянский хлебозавод» (Приложение 11).

Результаты проведенных исследований представлены в опубликованных автором работах [11, 12, 103].

Для определения влияния ППС и ППСЭ в составе мучных смесей на расчетную пищевую и энергетическую ценность хлебобулочных изделий использовали образцы из муки ржаной обдирной, муки пшеничной хлебопекарной I сорта, смеси муки ржаной обдирной и пшеничной хлебопекарной I сорта в соотношении 20:80, 30:70, 50:50, 70:30 соответственно. ППС и ППСЭ в мучных смесях заменяли муку в количестве 10 % и 15 % соответственно, в указанных ржано-пшеничных и пшенично-ржаных смесях производили замену муки пшеничной хлебопекарной I сорта.

Данные дозировки ППС и ППСЭ в составе смесей были выбраны исходя из наилучших качественных показателей хлебобулочных изделий, полученных с их применением. Результаты расчетов приведены в таблицах 5.3 и 5.4.

Таблица 5.3 – Содержание основных пищевых веществ и энергетическая ценность хлебобулочных изделий из мучных смесей с ПСС

Наименование показателей	Наименование изделия											
	Хлеб из пшеничной муки I сорта (контроль)	Хлеб из смеси пшеничной муки I сорта и ПСС	Хлеб из ржаной обдирной муки(контроль)	Хлеб из смеси ржаной обдирной муки и ПСС	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 20:80 (контроль)	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 20:80 и ПСС	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 30:70 (контроль)	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 30:70 и ПСС	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 50:50 (контроль)	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 50:50 и ПСС	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 70:30 (контроль)	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 70:30 и ПСС
Белки, %	7,0	6,8	6,1	5,2	7,0	5,4	6,8	5,3	6,7	5,1	6,4	4,9
Жиры, %	0,9	0,8	1,2	0,8	0,9	0,7	1,0	0,7	1,0	0,8	1,1	0,8
Углеводы усвояемые, %	48,3	36,6	48,5	37,0	49,2	37,6	48,8	37,4	49,1	37,0	48,6	37,0
Пищевые волокна, %	0,3	4,2	0,8	5,1	0,3	4,4	0,3	4,5	0,5	4,6	0,6	4,8
Энергетическая ценность, ккал	206,1	166,3	206,1	164,8	209,9	160,6	207,8	159,4	209,3	157,6	206,7	157,7

Таблица 5.4 – Содержание основных пищевых веществ и энергетическая ценность хлебобулочных изделий из мучных смесей с ПССЭ

Наименование показателей	Наименование изделия											
	Хлеб из пшеничной муки I сорта (контроль)	Хлеб из смеси пшеничной муки I сорта и ПССЭ	Хлеб из ржаной обдирной муки (контроль)	Хлеб из смеси ржаной обдирной муки и ПССЭ	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 20:80 (контроль)	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 20:80 и ПССЭ	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 30:70 (контроль)	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 30:70 и ПССЭ	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 50:50 (контроль)	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 50:50 и ПССЭ	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 70:30 (контроль)	Хлеб смеси ржаной обдирной муки и пшеничной I сорта в соотношении 70:30 и ПССЭ
Белки, %	7,0	6,3	6,1	5,2	7,0	5,4	6,8	5,3	6,7	5,1	6,4	4,9
Жиры, %	0,9	0,8	1,2	0,9	0,9	0,7	1,0	0,7	1,0	0,8	1,1	0,8
Углеводы усвояемые, %	48,3	37,6	48,5	37,0	49,2	39,9	48,8	39,8	49,1	39,4	48,6	39,4
Пищевые волокна, %	0,1	4,1	0,8	3,8	0,3	3,3	0,3	3,4	0,5	3,5	0,6	3,6
Энергетическая ценность, ккал	206,1	163,3	206,1	163,8	209,9	168,7	207,8	168,2	209,3	166,4	206,7	166,3

Как видно из данных таблиц 5.3 и 5.4, хлебобулочные изделия из мучных смесей с ППС и ППСЭ содержат белка на 0,2 % – 1,6 % и 0,5 % – 1,5 % меньше, чем контрольные образцы. В опытных образцах хлебобулочных изделий с ППС и ППСЭ усвояемых углеводов содержится меньше соответственно на 11,5 % – 11,7 % и 11,6 % – 12,1 %, а содержание пищевых волокон в 9–17 раз и 8–14 раз выше, чем в контрольных образцах. При этом количество пищевых волокон в опытных образцах хлебобулочных изделий составляет не менее 15 % от суточной нормы (не менее 3 г при суточной потребности 20 г пищевых волокон), что позволяет отнести эти изделия к продуктам функционального назначения.

Кроме того, опытные образцы с ППС и ППСЭ обладают меньшей калорийностью – на 38–45 ккал и 9,2–42,8 ккал ниже, чем контрольные образцы. Это обусловлено снижением содержания в опытных образцах хлебобулочных изделий усвояемых углеводов и увеличения доли неусвояемых пищевых волокон.

Таким образом, хлебобулочные изделия из мучных смесей с ППС и ППСЭ содержат пищевые волокна в количестве не менее 15 % от суточной потребности, обладают меньшей, чем опытные образцы, калорийностью, что позволяет позиционировать их как изделия функциональные и диетические.

## ГЛАВА 6. РАСЧЕТ ОТПУСКНОЙ ЦЕНЫ ПОРОШКОВ ПИЩЕВЫХ СВЕКЛОВИЧНЫХ, ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ С ПОРОШКАМИ ПИЩЕВЫМИ СВЕКЛОВИЧНЫМИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РАЗРАБОТАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

### 6.1 Расчет отпускной цены порошков пищевых свекловичных и хлебобулочных изделий из мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными

В основе расчета отпускной цены порошков пищевых свекловичных, хлебобулочных изделий из мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными были использованы данные, полученные в ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский» (пгт Колпна), ООО «Звягинский крахмальный завод» (п. Звягинки) и ООО «Колпнянский хлебозавод» (пгт Колпна).

Для определения отпускной цены и интегрального показателя конкурентоспособности хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки необходимо рассчитать себестоимость производства 1 тонны продукции. Сначала необходимо рассчитать отпускную цену порошка «Сахарные волокна» и порошка «Сахарные волокна» экструдированного.

Расчет издержек производства следует начинать с определения затрат на сырье и основные материалы. Для расчета затрат используется формула:

$$Z_M = \sum_{i=1}^n M_i^H \cdot C_i^C, \quad (6.1)$$

где  $n$  – число видов применяемого сырья ;

$M_i^H$  – норма расхода  $i$ -го вида сырья на 1 т данной продукции, т;

$C_i^C$  – цена сырья  $i$ -го вида, руб./т.

Результаты расчетов сводятся в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Стоимость основного сырья, пошедшего на приготовление порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна»

Наименование продукции	Сырье			
	Наименование i-го вида сырья	Норма расхода сырья на 1 т продукции, кг	стоимость сырья, руб.	
			за 1 кг	на 1 т продукции
порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»	Сухая обессахаренная свекловичная стружка	1200	5,0	6000
	Уксусная кислота	50	54	2700
	Вода	120	27,45	3294
Итого:		1370		11994

Затраты на энергию, топливо и воду для технологических целей рассчитываются исходя из норм расхода на 1 т готовой продукции и стоимости 1 кВт/ч электроэнергии, 1 м<sup>3</sup> природного газа и 1 м<sup>3</sup> воды. Результаты расчета сведены в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Потребность топлива, энергии и воды на технологические цели для производства порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна»

Наименование продукции	Электроэнергия			Вода			Газ			Общая стоимость на 1 тонну продукции
	Норма расхода на 1 тонну, кВт*ч	Стоимость, руб.		Норма расхода на 1 тонну, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.		Норма расхода на 1 тонну, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.		
		1 кВт*ч	на 1 тонну продукции		1 м <sup>3</sup>	на 1 тонну продукции		1 м <sup>3</sup>	на 1 тонну продукции	
Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»	200	5,16	1032	5,9	27,45	162	200	5,25	200	1050



Для оплаты труда применяется тарифная система, труд рабочих основного производства оплачивается сдельно.

Бригадная сдельная расценка берется на основании практики на предприятии и принимается в размере 334,00 руб./т.

Таблица 6.3 – Статьи затрат на производство порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна»

Статьи затрат	Значения
1. Сырье и основные материалы	6000
2. Вспомогательные материалы	5994
3.Топливо и энергия на технологические цели	2244
ИТОГО: материальные затраты	14238
4. Затраты на оплату труда основных производственных рабочих	334
5. Отчисления на социальные нужды, %	68
6. Общепроизводственные расходы, %	8450
7. Общехозяйственные расходы, %	8450
ИТОГО: производственная себестоимость	31540
8.Коммерческие расходы, %	500
ИТОГО: полная себестоимость	32040

Далее по методу «Средние издержки плюс прибыль» производится расчет цены продукции, результаты расчета представлены в таблице 6.4. Ставка налога на добавленную стоимость – 10 %.

Таблица 6.4 – Расчет цены на 1 т порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» по методу «Средние издержки плюс прибыль»

Статьи затрат	Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»
Полная себестоимость, руб.	32040
Норматив рентабельности, %	11
Прибыль, руб.	3460
Отпускная цена, руб.	35500
НДС, руб.	3550
Отпускная цена с НДС, руб.	39050
наценка 20%	7,10
Итого розничная цена за 1 кг	42,60

Расчет отпускной цены порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного представлен в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Расчет отпускной цены порошка пищевого свекловичного  
«Сахарные волокна» экструдированного

№ п/п	наименование экономических элементов себестоимости	по действующей цене			
		цена за единицу	кол-во	кол-во на тонну	сумма на тонну
1.	СЫРЬЕ, в т. ч.:				
2	порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»	42,60		520	22152
3.	Дополнительное сырье:				
4	Крахмал	55	0	520	28600
5	итого по доп. Сырью:				28600
6	По статьям затрат, в т. ч.:				
7	заработная плата				334
8	начисления на з-ту				68
9	транспортные, по доставке сырья				0
10	вода на технологические цели	27,45	5,9		162
11	электроэнергия на технологические цели	5,16	55,5		286
12	газ на технологические цели	5,25	200		1050
13	общехозяйственные				10140
14	Общепроизводственн ые расходы, %				6760
15	итого				69552
16	Коммерческие расходы				500
17	Полная себестоимость				70052
18	рентабельность				8,5
19	прибыль				5948
20	оптовая цена предприятия				76000
21	оптовая цена без НДС за 1 кг				76,00
22	наценка 20%				15,20
23	Итого розничная цена за 1кг				91,20

Для определения отпускной цены и интегрального показателя конкурентоспособности хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки с порошком пищевым свекловичным «Сахарные волокна» и порошком пищевым свекловичным «Сахарные волокна» экструдированным необходимо рассчитать себестоимость производства 1 тонны продукции. В качестве примера расчета выбран хлеб «Застольный» из смеси ржаной и пшеничной муки, вырабатываемый на ООО «Колпнянский хлебозавод», в качестве опытных образцов – образцы хлебобулочных изделий из смеси ржано-пшеничной муки и 10 % порошка пищевого «Сахарные волокна» (ППС) и из смеси ржано-пшеничной муки с добавлением 15 % порошка пищевого «Сахарные волокна» экструдированного (ППСЭ).

Расчет издержек производства производят аналогично расчету, приведенному выше. Результаты расчетов сводятся в таблицы 6.6–6.8.

Таблица 6.6 – Расчет отпускной цены хлебобулочного изделия из смеси с порошком пищевым свекловичным «Сахарные волокна» экструдированным

1 кг неупакованный; выход – 184 %.

№ п/п	Наименование экономических элементов себестоимости	по действующей цене на хлеб					
			цена за единицу	кол-во	сумма	кол-во на тонну	сумма на тонну
1.	<b>СЫРЬЕ, в т. ч.:</b>	%					
	<i>мука ржаная обдирная</i>	50	12	27	326	272	3264
	<i>мука пшеничная хлебопекарная I сорта</i>	50	14	0	381	272	3808
	<b>итого по муке:</b>				<b>707</b>	<b>544</b>	<b>7072</b>
2.	<b>Дополнительное сырье</b>						
	дрожжи		40,7	1	22	5,4	220
	соль поваренная		8,5	1	7	8,2	70
	ППСЭ		90,2	5	487	54	4871
	масло растительное		60,7	0	7	1,1	67
	Улучшитель		280	0	48	1,7	476
	<b>итого по доп. Сырью:</b>				<b>570</b>		<b>5703</b>
3.	<b>По статьям затрат в т.ч.</b>				0		
	заработная плата				158		1584
	начисления на з/ту				32		323
	транспортные по доставке сырья				30		300
	вода на технологические цели		27,45	5,9	16		162
	электроэнергия на технолог цели		5,16	150	77		774
	газ на технологические цели		5,25	302	159		1586
	Общепроизводственные расходы						7920
	общехозяйственные						9103
	<b>итого</b>				<b>3453</b>		<b>34527</b>
	Коммерческие расходы				50		500
	<b>Полная себестоимость</b>				<b>3503</b>		<b>35027</b>
	рентабельность						19,9
	прибыль				697		6973
	оптовая цена предприятия				4200		42000
	оптовая цена без НДС за 1 штуку						42,00
	наценка 20%						8,40
	<b>Итого розничная цена за 1 кг</b>						<b>50,40</b>

Таблица 6.7 – Расчет отпускной цены хлебобулочного изделия из смеси с порошком пищевым свекловичным «Сахарные волокна» 1 кг неупакованный; выход – 176 %.

№ п/п	наименование экономических элементов себестоимости	по действующей цене на хлеб					
			цена за единицу	кол-во	сумма	кол-во на тонну	сумма на тонну
1.	<b>СЫРЬЕ, в т. ч.:</b>	%					
	<i>мука ржаная обдирная</i>	50	12	28	341	284	3408
	<i>мука пшеничная хлебопекарная I сорта</i>	50	14	100	398	284	3976
	<b>итого по муке:</b>				<b>738</b>	568	<b>7384</b>
2.	<b>Дополнительное сырье</b>						
	дрожжи		42,6	1	24	5,7	243
	соль поваренная		8,5	1	7	8,5	72
	ППС		40,8	6	232	56,8	2317
	масло растительное		60,7	0	7	1,1	67
	Улучшитель		280	0	48	1,7	476
	<b>итого по доп. Сырью:</b>				<b>318</b>		<b>3175</b>
3.	По статьям затрат в т.ч.				0		
	заработная плата				158		1584
	начисления на з/ту				32		323
	транспортные доставке сырья				30		300
	вода на технологические цели		27,45	5,9	16		162
	электроэнергия на технолог цели		5,16	150	77		774
	газ на технологические цели		5,25	302	159		1586
	Общепроизводственные расходы						7920
	общехозяйственные						8980
	<b>итого</b>				3219		32188
	Коммерческие расходы				50		500
	<b>Полная себестоимость</b>				3269		32688
	рентабельность						19,3
	прибыль				631		6312
	оптовая цена предприятия				3900		39000
	оптовая цена без НДС за 1 штуку						39,00
	наценка 20%						7,80
	<b>Итого розничная цена за 1 кг</b>						<b>46,80</b>

Таблица 6.8 – Расчет отпускной цены хлеба ржано-пшеничного «Застольного», вырабатываемого на ООО «Колпнянский хлебозавод»

Выход – 144 %.

№ п/п	Наименование экономических элементов себестоимости		по действующей цене на хлеб				
			цена за единицу	кол-во	сумма	кол-во на тонну	сумма на тонну
1.	<b>СЫРЬЕ, в т. ч.:</b>	%					
	<i>мука ржаная обдирная</i>	50	12	35	416	347	4164
	<i>пшеничная М 55-23 в/с</i>	50	14	0	486	347	4858
	<b>итого по муке:</b>				<b>902</b>	694	<b>9022</b>
2.	<b>Дополнительное сырье</b>						
	дрожжи		40,7	1	28	6,9	281
	соль поваренная		8,5	1	9	10,4	88
	масло растительное		60,7	0	7	1,1	67
	<b>итого по доп. Сырью:</b>				<b>44</b>		<b>436</b>
3.	По статьям затрат в т.ч.				0		
	заработная плата				158		1584
	начисления на з/ту				32		323
	транспортные доставке сырья				30		300
	вода на технологические цели		27,45	5,9	16		162
	электроэнергия на технолог цели		5,16	150	77		774
	газ на технологические цели		5,25	302	159		1586
	Общепроизводственные расходы						7920
	общехозяйственные				1702		9103
	<b>итого</b>				3121		31209
	Коммерческие расходы				50		500
	<b>Полная себестоимость</b>				3171		31709
	рентабельность						19,8
	прибыль				629		6291
	оптовая цена предприятия				3800		38000
	оптовая цена без НДС за 1 штуку						38,00
	наценка 20%						7,60
	<b>Итого розничная цена за 1 кг</b>						<b>45,60</b>

Использование порошков пищевых свекловичных в составе мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий приводит к увеличению затрат на сырье, следовательно, это влечет увеличение себестоимости продукции. Так, при внесении ППС стоимость хлеба увеличилась на 2,6 %, а при внесении ППСЭ – на 9,0 %.

## **6.2 Оценка конкурентоспособности хлебобулочных изделий из мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными**

Под конкурентоспособностью понимается набор сравнительных характеристик стоимостных и потребительских параметров данного товара в сравнении с конкурентным товаром, способствующий обеспечению товару рыночных преимуществ, содействующий в условиях конкуренции успеху при сбыте. Конкурентоспособность может быть определена как совокупность особенностей товара, учитываемых покупателями, если брать за основу их непосредственную значимость для удовлетворения потребностей потребителей и расходов, связанных с приобретением и использованием товара [179].

Чтобы определить конкурентоспособность изделия, используют методику, основанную на сравнительной оценке стоимостных и качественных параметров изделия, делающей возможным при помощи значения показателя конкурентоспособности осуществить выбор товара, который соответствует в наибольшей степени условиям рыночной конкуренции.

Оценка конкурентоспособности осуществляется по показателю конкурентоспособности, показывающему различие в потребительском эффекте сравниваемых изделий, приходящееся на единицу затрат.

Показатель конкурентоспособности  $K$  определяется по формуле:

$$K = \frac{I_{\text{техн.}}}{I_{\text{экон.}}}, \quad (6.2)$$

где  $I_{\text{техн.}}$  – сводный индекс технических параметров изделия;

$I_{\text{экон.}}$  – сводный индекс экономических параметров изделия.

Если  $K > 1$ , то товар превосходит образец по конкурентоспособности.

Если  $K < 1$ , то товар уступает образцу.



Если  $K = 1$ , то товар находится на одном уровне конкурентоспособности с образцом.

Сводный индекс технических параметров определяется по формуле:

$$I_{\text{техн.}} = \sum_{j=1}^n i_j \cdot a_j, \quad (6.3)$$

где  $i_j$  – относительный параметр качества изделий;

$a_j$  – коэффициент значимости параметра;

$n$  – количество параметров качества, характеризующих изделие с точки зрения конкурентоспособности.

Относительный параметр качества изделия определяется по формуле:

$$i_j = \frac{P_{\text{пр.}}}{P_{\text{кон.}}}, \quad (6.4)$$

где  $P_{\text{пр.}}$ ,  $P_{\text{кон.}}$  – значение параметра качества проектируемого и контрольного изделий.

Если улучшение параметров связано с уменьшением их количественных значений,  $i_j$  определяется обратным отношением, т. е.

$$i_j = \frac{P_{\text{кон.}}}{P_{\text{пр.}}}, \quad (6.5)$$

Сводный индекс экономических параметров определяется по формуле:

$$I_{\text{экон.}} = \frac{Ц_{\text{пр.}}}{Ц_{\text{кон.}}}, \quad (6.6)$$

где  $Ц_{\text{пр.}}$ ,  $Ц_{\text{кон.}}$  – цена потребления проектируемого и контрольного изделия.

Для формирования спроса и стимулирования продажи продукции целесообразно организовывать рекламную деятельность. В качестве информации о потребительских свойствах изделий могут быть предложены: использование рекламных щитов, эфирного времени местных телевизионных каналов и радиовещания, организация выставок-продаж производимой продукции.

Показатели качества продукции приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Показатели качества ржано-пшеничного хлеба

Наименование параметра	Единица измерения	Исследуемый образец			Относительный параметр качества, $i_j$		Коэффициент значимости, $a_j$	Индекс технических параметров, $I_{тех.}$	
		Контроль	Хлеб ржано-пшеничный из мучной смеси с ППС	Хлеб ржано-пшеничный из мучной смеси с ППСЭ	Хлеб ржано-пшеничный из мучной смеси с ППС	Хлеб ржано-пшеничный из мучной смеси с ППСЭ		Хлеб ржано-пшеничный из мучной смеси с ППС	Хлеб ржано-пшеничный из мучной смеси с ППСЭ
Органолептические показатели									
Правильность формы	балл	4	5	5	1,25	1,25	0,2	0,25	0,25
Окраска корок	балл	4	5	5	1,25	1,25	0,15	0,1875	0,1875
Аромат (запах)	балл	4	5	5	1,25	1,25	0,2	0,25	0,25
Вкус	балл	4	4	5	1	1,25	0,23	0,23	0,2875
Физико-химические показатели									
Удельный объем	см <sup>3</sup> / г	1,69	2,21	2,45	1,30769	1,4497	0,05	0,06538	0,07249
Пористость	%	64	74,6	78,4	1,1656	1,225	0,5	0,5828	0,6125
Предельное напряжение сдвига теста	кг/м <sup>2</sup> ·10 <sup>-6</sup>	155,54	301	343	1,9352	2,2052	0,2	0,3871	0,441
Энергетическая ценность	ккал	209	166,4	157,6	0,6852	0,6852	0,1	0,06852	0,06852
$I_{тех}$								1,10374	1,19451
$I_{экон}$								1,02632	1,10523
Конкурентоспособность								1,075434	1,10808

Основным достоинством представленного хлеба является повышенное содержание пищевых волокон, увеличивающее выход и снижающее энергетическую ценность продукта. В разработанных образцах ржано-пшеничного хлеба с добавлением мучных смесей наблюдается рост физико-химических показателей, а именно удельного объема, динамической вязкости теста по сравнению с контрольным образцом. Также данные образцы имеют лучшие органолептические показатели по сравнению с контролем.

Недостатком использования мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными при приготовлении хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки является его отпускная цена, которая увеличена (хотя и незначительно) по сравнению с контрольным образцом. Однако хлеб с добавками является конкурентоспособным, так как интегральный коэффициент больше в 1,00 в обоих случаях.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Настоящая работа посвящена разработке технологии получения пищевых волокон из вторичного сырья сахарного производства – сухой обессахаренной свекловичной стружки – и практическому их использованию при производстве хлебобулочных изделий.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

1. Исследован процесс получения пищевых волокон путем кислотно-термической модификации сухой обессахаренной свекловичной стружки. Получены математические модели водосвязывающей, сорбционной способности, а также содержания пектиновых веществ. Определены оптимальные параметры получения пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки: рН-среды – 5,07–5,68, продолжительность гидролиза – 22–27 мин, температура – 72–74 °С. Разработана технология получения пищевых волокон методом кислотно-термической модификации с большей водосвязывающей и сорбционной способностью, содержанием водорастворимых пектиновых веществ: соответственно в 1,2–1,3, 2,7–2,9 и 2 раза выше по сравнению с исходным сырьем.

2. Изучен процесс экструдирования пищевых волокон, полученных кислотно-термическим методом. Определены оптимальные параметры экструзионной обработки: соотношение кукурузного крахмала и пищевых волокон – 45:55, влажность смеси – 20 % – 25 %, температура – 180±10 °С, позволяющие получить пищевые волокна с водосвязывающей и сорбционной способностью выше в 2 и 1,6–3,1 раза соответственно по сравнению с исходным сырьем и в 1,3–1,5 и 1,1–1,2 раза выше соответственно по сравнению с пищевыми волокнами, полученными кислотно-термическим способом.

3. Разработаны и утверждены технические документы на порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный, проведена промышленная апробация.

4. Исследован химический состав и показатели безопасности порошков пищевых свекловичных. Установлено, что в их состав входят нерастворимые и

растворимые пищевые волокна. Содержание радионуклидов и пестицидов не превышает допустимые уровни. Гигиеническая оценка безопасности показала, что они имеют срок хранения 6 месяцев. Определено влияние порошков пищевых свекловичных *in vivo*; установлено, что они не оказывают отрицательного влияния на физиологические нормы биохимических и гематологических показателей крови, а также копрограмму кишечника подопытных животных.

5. Изучено влияние порошков пищевых свекловичных на свойства ржаной обдирной муки, пшеничной хлебопекарной муки I сорта и их смесей. Установлено, что внесение ППС и ППСЭ в смеси с пшеничной мукой способствует снижению в них содержания клейковины на 7,5 % – 8,6 % и 3,2 % соответственно по сравнению с контролем. При этом внесение ППС способствует укреплению, а ППСЭ – ослаблению клейковины. Установлено, что внесение ППС и ППСЭ в мучные смеси взамен муки способствует увеличению их водосвязывающей способности в среднем на 14,4 % и 17,3 %, числа падения – в 1,35–1,62 и 1,2–1,4 раза соответственно по сравнению с контрольными образцами.

6. Экспериментально установлено, что дозировка воды на замес теста из мучных смесей с порошками пищевыми свекловичными должна быть увеличена на 0,78 % и 0,87 % на каждый процент ППС и ППСЭ в смеси соответственно. В тесте из смесей с ППС и ППСЭ увеличивается скорость газообразования на 18 % – 72 % и 33 % – 85 %, предельное напряжение сдвига на 4,6 % – 18,9 % и 4,5 % – 50,6 % соответственно по сравнению с контрольными образцами. При этом качество хлебобулочных изделий улучшается: повышение удельного объема и пористости хлебобулочных изделий составляет в среднем в 1,1–2,1 раза и на 5 % – 29 % и в 1,2–2,5 раза и на 5 % – 31 % соответственно по сравнению с контрольными образцами, выход хлебобулочных изделий увеличивается на 10 % – 28 %. Наилучшими качественными показателями обладали образцы хлебобулочных изделий из мучных смесей с 10 % ППС и 15 % ППСЭ. Содержание пищевых волокон в оптимальных образцах составляет не менее 15 % от суточной потребности.

7. Разработана и утверждена техническая документация ТУ 9113-316-02069036-2015 на «Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными», проведена промышленная апробация. Интегральный показатель конкурентоспособности, определенный на основе сводных индексов технических и экономических параметров для хлебобулочных изделий из мучных смесей с ППС и ППСЭ, составляет 1,07 и 1,1 соответственно, что подтверждает их конкурентоспособность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авраменко, М.М. Влияние глюкоманнана на регенерацию ткани печени на модели ССЦ-гепатоза у крыс / М.М. Авраменко, В.А. Одинокова, Б.Н. Гладышева и др. // Тез. докл. V Всесоюз. конф. по химии и биохимии углеводов. М., 8–10 окт. 1972 г. – М., 1972. – С. 3–4.
2. Азии, Д.Л. Влияние растительных порошков на качество мясных котлет / Д.Л. Азии, О.В. Чугунова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – №12. – С. 50–51.
3. Азии, Д.Л. Новые виды растительных порошков для пищевой промышленности / Д.Л. Азии, О.В. Чугунова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – №11. – С. 51–52.
4. Алферников, О.Ю. Совершенствование технологии пищевых текстуратов, получаемых способом термопластической экструзии: автореф. дис. ... к.т.н. / О.Ю. Алферников. – Краснодар, 2010. – 26 с.
5. Андреев, Н.Р. Структура, химический состав и технологические свойства основных видов крахмалсодержащего сырья / Н.Р. Андреев, В.Г. Карпов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – №7. – С. 30–33.
6. Артемова, Е.Н. Сапопинсодержащие добавки и протекторные свойства пищевых продуктов / Е.Н. Артемова, З.В. Василенко // Техника и технология пищевых производств: Тезисы докл. 2 Междунар. н.-т. конф. (22–24 нояб., 2000 г.). – Могилев: Изд-во Могилев. технол. ин-та, 2000. – С. 24–25.
7. Байгарин, Е. К. Содержание пищевых волокон в различных пищевых продуктах растительного происхождения / Е. К. Байгарин, В. В. Бессонов // Вопросы питания. – Т. 81. – 2012. – № 2. – С. 40–41.
8. Белоновская, Л.К. Влияние соевых отрубей на спектр желчных кислот больных желчнокаменной болезнью / Л.К. Белоновская, О.С. Кляшторная // Вопросы питания. – 1992. – № 4. – С. 15–17.
9. Белостоцкий, Л.Г. Гигиеническая оценка свекловичного жома как сырья для получения пищевой добавки / Л.Г. Белостоцкий, В.А. Лагода, А.З. Усманцева и др. // Разработка и внедрение высокоэф. ресурсо-сберег. технол.,

оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перераб. отрасли АПК: тез. докл. Респ. науч.-техн. конф. (24–26 сент. 1991 г.). – Киев, 1991. – С. 229–230.

10. Березина, Н.А. Влияние состава мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий на их технологические свойства / Н.А. Березина, О.В. Жданова, Н.В. Мазалова // Материалы V Международной научно-практической конференции 26–29 марта «Инновационные направления в пищевых технологиях». – Пятигорск: РИА-КМВ, 2012.

11. Березина, Н.А. Использование вторичного сырья в технологии хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки / Н.А. Березина, Н.В. Мазалова // Сборник материалов пятого международного хлебопекарного форума 13–15 июня в рамках деловой программы 18-й международной выставки «Современное хлебопечение – 2012». – М.: ФГБОУ Международная промышленная академия, 2012. – С. 254–257.

12. Березина, Н.А. Получение пищевых волокон из вторичного сырья [Электронный ресурс] / Н.А. Березина, Н.В. Мазалова, А.В. Тарасова // Научный журнал НИУ ИТМО. – Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – № 1. – URL: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru> (дата обращения: 15.12.2014).

13. Березина, Н.А. Свойства пищевых волокон из вторичного сырья свеклосахарного и крахмального производства / Н.А. Березина, Н.В. Мазалова // Техника и технологии продуктов питания: Наука. Образование. Достижения. Инновации: материалы Международной научно-практической конференции 18–22 сентября 2014 г. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2014. – С. 105–111.

14. Беркетова, Л.В. Исследование состава пищевых волокон в сухих завтраках и биологически активных добавках к пище, содержащих пищевые отруби / Л.В. Беркетова // Вопросы питания. – Т.75. – 2006. – № 2. – С 30–32.

15. Бессонов, В.Д. Влияние свойств крахмалов на биодоступность ряда минорных биологически активных компонентов пищевых продуктов и



сохранность жирового компонента / В.В. Бессонов, О.И. Передряев, М.Н. Богачук // Вопросы детской диетологии. – Т. 9. – 2011. – № 1 – С. 22–26.

16. Богданов, Н.Г. Влияние использования различных концентраций нескольких видов пищевых волокон на обеспеченность витаминов С и витаминами группы В в длительном эксперименте на животных / Н.Г. Богданов, И.Н. Пятницкая, А.Н. Смирнова и др. // Пищ. волокна в рац. питании человека: тез. докл. Всесоюз. науч. конф. (17–19 нояб. 1987 г.). – М., 1987. – С. 34–35.

17. Бондарь, С.Н. Экстрагирование свекловичного пектина / С.Н. Бондарь, В.Н. Голубев // Пищевая промышленность. – 1992. – № 12. – С.18–19.

18. Бугаенко, И.Ф. Пищевые волокна из свекловичного жома / И.Ф. Бугаенко // Сахарная промышленность. – 1993. – №3. – С. 28–29.

19. Буляндра, А.Ф. Исследование процесса сушки свекловичного жома при низкотемпературных режимах / А.Ф. Буляндра, Н.В. Иващенко // Пром. теплотехн. – 1999. – № 2–3. – С. 67–71.

20. Быкова, Н.С. Безопасность свекловичных волокон для кондитерского производства // Н.С. Быкова, В.Ю. Архипов, Н.А. Тарасенко // Проблемы и перспективы современной науки. – 2015. – № 6. – С. 75–77.

21. Вайнштейн, С.Г. Медицинские аспекты пищевых волокон / С.Г. Вайнштейн, А.М. Масик, И.В. Жулкевич и др. // Химия, медбиол. оценка и использование пищевых волокон: тез. докл. Респ. науч. конф. (3–6 окт. 1988 г.). – Одесса, 1988. – С. 5–6.

22. Вайнштейн, С.Г. Пищевые волокна и литогенный потенциал желчи / С.Г. Вайнштейн, А. М. Масик, Н.К. Черно, М.С. Дудкин // Тер. Арх. – 1986. – № 2. – С. 83–86.

23. Варфоломеева, О.А. Пектинсодержащее сырье: перспективы использования в пищевой промышленности и медицине / О.А. Варфоломеева, Г.Н. Румянцева // Качество и безопасность сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов: материалы науч.-практ. конф. (8–9 сентября 2010 г.). – Углич, 2010. – С. 58–59.

24. Васюткин, А.А. Способы сушки жома и качество пектина / А.А. Васюткин, А.Л. Лишукин // Сахарная свекла. – 2012. – № 7. – С. 30–31.
25. Винарский, М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – Киев: Техника, 1975.
26. Волкова, Е.А. Заболевания желудочно-кишечного тракта на фоне пищевой аллергии у детей раннего и дошкольного возраста, совершенствование диагностики и терапии: автореф. дис. ... д.м.н. / Е.А. Волкова. – Нижний Новгород, 2004. – 50 с.
27. Гаппаров, М.М. Физико-химические и биологические свойства пищевых модифицированных крахмалов / М.М. Гаппаров, А.И. Соколов, Е.И. Мартынова, О.С. Куликова, В.В. Бессонов, Л.В. Беркетова // Вопросы питания. 2007. – № 4. – С. 15–20.
28. Глаголева, Л.Э. Исследование возможности использования пищевых волокон в технологии производства молочных продуктов спецназначения / Л.Э. Глаголева // Материалы 39 Отчетной науч. конф. Воронежской государственной технологической академии за 2007 год. – Воронеж: Изд-во ВГТА, 2007. – С. 97–98.
29. Гмошинский, И.В. Влияние повышенного всасывания пищевых белковых антигенов из кишечника на развитие сенсibilизации у морских свинок / И.В. Гмошинский, Л.А. Михайлов, В.К. Мазо // Вопросы питания. – 1990. – № 1. – С. 52–55.
30. Голубев, В.Н. Безотходная технология при переработке растительного сырья / В.Н. Голубев, С.И. Губанов // Пищевая промышленность. – 1989. – № 11. – С. 19–20.
31. Голубев, В.Н. Управление коллоидно-химическими свойствами свекловичного пектина / В.Н. Голубев, В.Г. Михайлов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 3. – С.22–24.
32. Голыбин, В.А. Пищевые волокна из свекловичного жома – важное направление в профилактическом питании / В.А. Голыбин, К.В. Голова, Н.А. Матвиенко // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и

информационное обеспечение: материалы Межд. науч.-тех. конф.; Воронеж, 13–14 ноября 2014 г. – Воронеж: ВГУИТ, 2014. – С. 433–435.

33. Гринчишина, З.Ф. Применение пектина при производстве продуктов питания // З.Ф. Гринчишина, М.П. Могильный / Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 1. – С. 35–36.

34. Данилов, В.Г. Состав и свойства продуктов каталитической делигнификации соломы в среде уксусной кислоты и пероксида водорода / В.Г. Данилов, О.В. Яценкова, Е.Ф. Ибрагимов, Н.М. Иванченко, Б.Н. Кузнецов // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы IV Всероссийской конференции. 21–23 апреля 2009 г.: в 2 кн. / под ред. Н.Г. Базарновой, В.И. Маркина. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. – Кн. 1. – С. 22–23.

35. Данилова, Е.И. Сорбция холевых кислот пищевыми волокнами / Е.И. Данилова, М.С. Дудкин, Л.Ф. Щелкунов, А.А. Фомичев // Вопр. питания. – 1996. – № 1. – С. 31–34.

36. Денисюк, Н.А. Пищевые волокна отходов цитрусовых / Н.А. Денисюк, М.С. Дудкин, П.В. Середницкий // Химия, мед.-биол. оценка и использование пищ. волокон: Тез. докл. Респуб. науч. конф. (3–6 октября 2008 г.). – Одесса, 2008. – С. 27–29.

37. Дерканосова, Н.М. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Практикум: учеб. пособие / Н.М. Дерканосова, А.А. Журавлев, И.А. Сорокина; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2011. – 196 с.

38. Донченко, Л.В. Разработка и интенсификация технологических процессов получения пектина из свекловичного и других видов сырья: автореф. дис. ... д.т.н. / Л.В. Донченко. – Киев, 1990. – 48 с.

39. Донченко, Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов: уч. пособие / Л.В. Донченко. – М.: ДеЛи, 2000. – 255 с.

40. Дорофейчук, В.Г. Значение кишечного дисбактериоза в формировании аллергического компонента и их коррекция при

гастроэнтерологических заболеваниях у детей // Тезисы научно-практической конференции «Новое в диагностике и лечении заболеваний органов пищеварения». – Винница, 1993. – С. 74–75.

41. Драчева, Л.В. Пищевые волокна – ингредиенты функционального назначения // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2011. – № 1. – С. 42 – 43.

42. Дроздов, В.Н. Антибактериальное действие пектина в эксперименте и клинике / В.Н. Дроздов. – Омск: Изд-во Омской гос. мед. академии, 1997. – 96 с.

43. Дружинин, П. В. Физико-химические свойства пищевых волокон [Электронный ресурс] / П. В. Дружинин, Л. Ф. Новиков, Ю. А. Лысиков. – URL: <http://on-line-wellness.com> (дата обращения: 19.06.2015).

44. Дудкин, М.С. Влияние пентозанов на качество теста и хлеба / М.С. Дудкин, Г.Ф. Козлов // Обзорн. инф. ЦНИИТЭИПП. Сер. «Хлебопекар. и макарон. пром-сть». – 1975. – Вып. 7. – С. 1–27.

45. Дудкин, М.С. Гемицеллюлозы / М.С. Дудкин, В.С. Громов, Н.А. Ведерников, Р.Г. Каткевич, Н.К. Черно. – Рига: Зинатне, 1991. – 488 с.

46. Дудкин, М.С. Гемицеллюлозы как пищевые добавки // Химия пищ. добавок: тез. докл. Всесоюз. конф.. (25–27 апр. 1989 г.). – Черновцы, 1989. – С. 39.

47. Дудкин, М.С. Исследование состава побочных продуктов переработки яблок и возможности использования при приготовлении хлебобулочных изделий / М.С. Дудкин, А.С. Базилевский, Е.Н. Михайлова // Деп. в ЦНИИТЭИПП 12.01.83. – Одесса, 1983 г. – 6 с.

48. Дудкин, М.С. Новые продукты питания / М.С. Дудкин, Л.Ф. Щелкунов. – М.: МАИК «Наука», 1998. – 304 с.

49. Дудкин, М.С. О неправильности литературного термина «гемицеллюлоза» // Химия древесины. – 1983. – №5. – С. 114–115.

50. Дудкин, М.С. Пищевые волокна / М.С. Дудкин, Н.К. Черно. – М.: Урожай, 2012. – 152 с.

51. Дудкин, М.С. Пищевые волокна продуктов прессования винограда / М.С. Дудкин, Л.Ф. Щелкунов, В.Н. Худякова // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1990. – № 1. – С. 40–42.
52. Дудкин, М.С. Пищевые волокна столовой свеклы и отходов ее переработки / М.С. Дудкин, Р.А. Сони́на // Пищевая промышленность. – 1992. – № 3. – С. 21–22.
53. Дудкин, М.С. Проблема преобразования в пищевые продукты растительного сырья и пути его решения // Тез. докл. 54-й науч. конф. Одесского технологического института пищевой пром-ти. – Одесса, 1994. – С. 3.
54. Дудкин, М.С. Химические основы производства и использования пищевых волокон // Пищ. волокна в рацион. питании человека: тез. докл. Всесоюз. конф. (17–19 нояб. 1987 г.). – М., 1987. – С. 3–4.
55. Дудкин, М.С. Химический состав кукурузной мезги и ее пищевых волокон / М.С. Дудкин, Н.А. Денисюк, Е.А. Антипина и др. // Пищевая промышленность. – 1993. – № 2. – С. 39.
56. Егорова, М.И. Вторичные сырьевые ресурсы: научный подход / М.И. Егорова, М.Б. Коновалов, Ю.А. Лопатеев // Сахар. – 2003. – № 3. – С. 44–45.
57. Егорова, М.И. Перспективы повышения эффективности свеклосахарного комплекса / М.И. Егорова, В.В. Спичак, В.М. Дудкин // Сахар. – 2003. – № 2. – С. 10–12.
58. Егорова, М.И. Создание продуктов профилактического назначения на основе сахара / М.И. Егорова, Л.С. Чугунова, Л.В. Иванова, М.В. Покровский, Е.Б. Артюшкова // Индустрия продуктов здоров. питания – 3 тысячелетие: человек, наука, технол., экон.: Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 24–25 февр. 2009. Тез. докл. Ч. 1. – М., 2009. – С. 220–221.
59. Елисеева, С.И. Контроль качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на хлебозаводах / С.И. Елисеева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.
60. Жушман, А.И. Современные достижения в технологии экструзионных крахмалопродуктов / А.И. Жушман, Е.К. Коптелова, В.Г. Карпов // Обзорная информация АгроНИИТЭИПП. Сер. 19. – 1989. – Вып. 4. – 24 с.

61. Жушман, А.И. Экструзионная обработка крахмала и крахмалосодержащего сырья / А.И. Жушман, Е.К. Коптелова, В.Г. Карпов // ЦНИИТЭИПищепром. – 1980. – Вып. 3. – С. 3–6.
62. Зайко, Г.М. Обоснование ассортимента продуктов лечебно-профилактического назначения / Г.М. Зайко, М.Ю. Тамова, Н.Т. Шамкова // Изв. вузов. пищ. технол. – 2000. – № 4. – С. 50–52.
63. Зайко, Г.М. Получение и применение пектина для лечебных и профилактических целей / Г.М. Зайко. – Краснодар: изд-во КубГТУ, 2007. – 138 с.
64. Засыпкин, Д.В. Структурообразование в расплавах смесей биополимеров в условиях капиллярного течения. Структура и свойства получаемых композиционных материалов: дис. ... к.х.н. / Д.В. Засыпкин. – М., 1993. – 175 с.
65. Златкина, А.Р. Лечение хронических болезней органов пищеварения / А.Р. Златкина. – М.: Медицина. – 1994. – 336 с.
66. Иванова, Т.Н. Профилактические продукты питания: Учебное пособие / Т.Н. Иванова, Г.Л. Захарченко. – Орел: Орловский Государственный технический университет, 2000. – 164 с.
67. Ипатов, Ю.П. Функциональные и лабораторные показатели здоровых детей, используемые в диагностике заболеваний органов пищеварения: справочник / Ю.П. Ипатов, И.А. Переслегина; под науч. ред. А.И. Волкова. – Н. Новгород: Волго-Вят. акад. гос. службы, 1998. – 59 с.
68. Ипатова, Л.Г. Пищевые волокна в продуктах питания / Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, В.В. Тарасова, А.А. Филатова // Пищевая промышленность. – 2007. – № 5. – С. 8–10.
69. Использование свекловичного жома в кормовых рационах при откорме КРС в субъектах Российской Федерации [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации [Официальный интернет-портал] – URL: <http://www.mcsx.ru/news/news/show/7335.78.htm> (дата обращения 23.03.2015).

70. Карпович, Н.С. Требования к сушеному свекловичному жому – сырью для производства пектина / Н.С. Карпович, Е.В. Яровая // Сахарная промышленность. – 1997. – № 8. – С. 37–381.
71. Касабова, Е.Р. Влияния добавок, содержащих пищевые волокна, на хлебопекарные свойства пшеничной муки / Е.Р. Касабова, О.В. Самохвалова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. – Т. 25. – 2013. – № 24 (167). – С. 111–116.
72. Касьянов, Г.И. Технология производства пищевых волокон / Г.И. Касьянов, О.И. Квасенков // Экол. человека: пробл. и состояние лечеб.-профилакт. питания: 3 Междунар. конф. (26–30 сент. 2004 г.): Тез. докл. Ч. 2. – М., 2004. – С. 203–205.
73. Квитко, И.В. К вопросу о комплексном использовании сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 12. – С. 60–62.
74. Колб, В.Г. Клиническая биохимия / В.Г. Колб, В.С. Камышников. – Минск: Беларусь, 1976. – 368 с.
75. Колесников, В.А. Пищевые волокна из свекловичного жома – эффективный комплекс решения экологических проблем. В.А. Колесников, Ю.И. Молотилин, В.О. Городецкий // Сахар. – 2012. – № 8. – С. 52–55.
76. Колесников, В.А. Пищевые волокна: производство и использование [Электронный ресурс] / В.А. Колесников, А.И. Артемьев. – URL: [http://www.agroyug.ru/page/item/\\_id-539](http://www.agroyug.ru/page/item/_id-539) (дата обращения 20.12.2014).
77. Колесников, В.А. Принципы технологии пищевых волокон повышенной биологической ценности / В.А. Колесников, Ю.И. Молотилин, А.И. Артемьев, М.В. Лукьяненко // Сахар. – 2006. – № 8. – С. 9–10.
78. Колесников, В.А. Производство функциональных продуктов питания с использованием пищевых свекловичных волокон / В.А. Колесников, А.И. Артеменко, М.В. Лукьяненко // Пищевая промышленность. – 2007. – № 5. – С. 34–35.
79. Колесников, Н.В. Хранение и использование свекловичного жома / Н.В. Колесников. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 155 с.

80. Копаладзе, Р.А. Методы эвтаназии экспериментальных животных: этика, эстетика, безопасность персонала // Успехи физиол. наук. – Т. 31. – 2000. – № 3. – С. 79–90.
81. Копаладзе, Р.А. Регламентация экспериментов на животных — этика, законодательства, альтернативы: Обзор / Под ред. Н.А. Горбуновой. – М., 1998.
82. Корячкина, С.Я. Контроль хлебопекарного производства: учебное пособие для вузов / С.Я. Корячкина, Н.В. Лабутина, Н.А. Березина, Е.В. Хмелева. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – 705 с.
83. Краус, С.В. Производство мучных кондитерских изделий с использованием сырья, полученного путем экструдирования / С.В. Краус, Е.В. Балаева // Сборник научных трудов МПА. Выпуск X: Под ред. В.А. Бутковского. – М.: ИЦ Интермедия, 2012. – С. 80–90.
84. Кузнецов, Б.Н. Разработка способа получения пищевых волокон из соломы пшеницы и шелухи овса [Электронный ресурс] / Б.Н. Кузнецов, В.Г. Данилов, О.В. Яценкова, Е.Ф. Ибрагимова, Н.М. Иванченко // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. Journal of Siberian Federal University. Chemistry. – 2009. – № 2 (2). – URL: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/1299> (дата обращения 10.06.2015).
85. Кузнецова, О.Н. Производство пищевых продуктов для лечебно-профилактического питания / О.Н. Кузнецова, Г.В. Зажирей, А.И. Сухинин, Н.В. Дмитриенко // Совершенствование технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции в современных условиях: Материалы междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: Изд-во Волгоград, гос. ун-та, 2009. – С. 170–172.
86. Лебедев, Е.И. Безотходные технологии пищевых производств / Е.И. Лебедев. – М.: Пищепромиздат, 2002. – 352 с.
87. Лебедев, Е.И. Комплексное использование сырья в пищевой промышленности / Е.И. Лебедев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 352 с.



88. Лебедева, М.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа / М.И. Лебедева. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2013. – 235 с.
89. Леванова, В.П. Лечебный лигнин / В.П. Леванова. – СПб.: Изд-во ЦСТ, 1992. – 136 с.
90. Лопатин, Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа / Б.А. Лопатин. – М.: Высшая школа, 1975. – 322 с.
91. Лосева, В.А. Выбор рационального режима получения пищевых волокон из свекловичного жома / В.А. Лосева, Л.Н. Шахбулатова // Матер. 35 Отчет. науч. конф. Воронеж. гос. технол. акад. за 1996 г., Воронеж, 1997. Ч. 1. – Воронеж, 1997. – С. 10.
92. Лосева, В.А. Изучение ионообменных свойств пищевых волокон сахарной свеклы / В.А. Лосева, Л.Н. Шахбулатова, И.В. Квитко // Сорбц. и хроматограф. процессы. – 2001. – № 6. – С. 23.
93. Лосева, В.А. Пищевые волокна из сахарной свеклы / В.А. Лосева, Т.В. Санина, Л.Н. Шахбулатова, Ю.В. Ряховский. – Воронеж, 2001. – 256 с.
94. Лосева, В.А. Пищевые волокна из свекловичного жома / В.А. Лосева, Л.Н. Шахбулатова, Н.Ю. Сенцова // Пробл. химии и хим. технол.: Тез. докл. 4 Центр.-Чернозем. регион, конф. (4–6 окт., 1996 г.). – Тамбов, 1996. – С. 89–90.
95. Лосева, В.А. Пищевые волокна сахарной свеклы, обогащенные ценными компонентами / В.А. Лосева, Л.Н. Путилина, Н.А. Матвиенко, С.М. Шестова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 5. – С. 51–52.
96. Лосева, В.А. Разработка рационального режима получения пищевых волокон из боя и хвостиков свеклы / В.А. Лосева, О.Ю. Буравкина // Вестн. Воронеж. гос. технол. акад. – 1997. – № 2. – С. 134–135.
97. Лукьяненко, М.В. Разработка технологии пищевых добавок из обессахаренной свекловичной стружки и их использование при производстве фруктовых полуфабрикатов: дис. ... к.т.н. / М.В. Лукьяненко. – М., 2006. – 198 с.
98. Лукьянов, А.С. Биоэтика. Альтернативы экспериментам на животных / А.С. Лукьянов, Л.Л. Лукьянова, Н.М. Чернавская, С.Ф. Гилязов. – М., 1996. – 224 с.

99. Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для вузов / Е.Н. Львовский. – М.: Высш. шк., 1988. – 293 с.
100. Магомедов, Г.О. Свекловичные начинки для мучных кондитерских изделий / Г.О. Магомедов, И.В. Плотникова, М.Г. Магомедов, Т.А. Шевякова, А.В. Семушева, Ю.А. Символокова // Хлебопродукты. – 2014. – № 8. – С. 44–46.
101. Мазалова, Н.В. Исследование технологических и функциональных свойств жома сахарной свеклы и пшеницы / Н.В. Мазалова, Н.А. Березина // Материалы I Международной научно-технической интернет-конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосферосовместимых систем» 1–15 декабря 2012 г. – Орел: ГУ-УНПК, 2013.
102. Мазалова, Н.В. Исследование технологических свойств пищевых волокон из вторичного сырья / Н.В. Мазалова, Н.А. Березина, А.В. Долгополова, О.Д. Сас // Основные перспективы развития пищевой инженерии и гигиены питания: Матер. V Международной научно-практической конференции молодых ученых 25–26 мая 2015 г. – Орел: ОГИЭТ, 2015.
103. Мазалова, Н.В. Моделирование состава мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, обогащенных пищевыми волокнами / Н.В. Мазалова, Н.А. Березина, Т.Н. Егорочкина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 1. – С. 30–37.
104. Мазалова, Н.В. Пищевые волокна из вторичного сырья / Н.В. Мазалова, Н.А. Березина // Технология и продукты здорового питания: Материалы VIII Международной научно-практической конференции 26–27 ноября 2014 г. / Под ред. И.В. Симаковой. – Саратов, 2014. – С. 215–218.
105. Мазалова, Н.В. Разработка ресурсосберегающей технологии пищевых волокон [Текст] / Н.В. Мазалова // Материалы III международной научно-практической интернет-конференции 15 ноября – 15 декабря 2013 г. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2013. – С. 58–61.

106. Мазалова, Н.В. Разработка технологии пищевых волокон из вторичного сырья пищевой промышленности / Н.В. Мазалова, Н.А. Березина // *Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Универсальная наука – региону» 9–10 апреля 2013 г. Том 3 – Технические науки.* – Пятигорск: РИА-КМВ, 2013. – С. 45–48.

107. Мазалова, Н.В. Свойства пищевых волокон из вторичного сырья свеклосахарного и крахмального производства / Н.В. Мазалова, Н.А. Березина // *Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Матер. IV Международной научно-технической конференции 5–6 ноября 2014 г. Воронеж. гос. ун-т инж. технол.* – Воронеж: ВГУИТ, 2014 – С. 511–513.

108. Макурина, С.В. Разработка ферментативного способа получения пищевых волокон и использование их в продуктах питания: дис. ... к.т.н. / С.В. Макурина – М., 2007 – 200 с.

109. Матвиенко, Н.А. Исследование процесса получения пектина и пищевых волокон из тыквы / Н.А. Матвиенко, Д.С. Мурач, М.А. Сенчихин // *Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: материалы Межд. науч.-тех. конф.; Воронеж, 13–14 ноября 2014 г.* – Воронеж: ВГУИТ, 2014. – С. 67–74.

110. Мельник, И.И. Динамика липидного обмена и состояния интенсивного кровотока у больных с хроническими заболеваниями желудочно-кишечного тракта при включении в комплексную терапию микрокристаллической целлюлозы / И.И. Мельник, Ю.А. Цаль, В.Е. Яковлев // *Химия, мед.-биол. оценка и использование пищ. волокон: Тез. докл. Респ. науч. конф. (3–6 окт. 1988 г.).* – Одесса, 1988. – С. 18–19.

111. Мельникова, Е.И. Исследование функционально-технологических свойств пищевых волокон / Е.И. Мельникова, Е.С. Скрыльникова, Е.С. Рудниченко // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета.* – 2013. – № 4. – С. 186–188.

112. Методические рекомендации по бактериологической диагностике дисбактериоза кишечника, утв. МЗ СССР 14.04.1986 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс (дата обращения: 15.07.2015).

113. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.; под ред. А.И. Ермакова; 3 изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

114. Михайлушкин, П.В. Концепция обеспечения конкурентоспособности и развития сахароперерабатывающего подкомплекса Российской Федерации / П.В. Михайлушкин, А.А. Баранников // Новый взгляд. Международный научный вестник. – 2013. – № 1. – С. 174–182.

115. Молотилин, Ю.И. Пищевые свекловичные волокна и возможность использования их в пищевой промышленности / Ю.И. Молотилин, В.А. Колесников, А.И. Артемьев, П.П. Павлов // Труды науч.-практ. конф., г. Углич. – Углич, 2011. – С. 313–314.

116. МУК 4.2.2602-10. 4.2. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Система предрегистрационного доклинического изучения безопасности препаратов. Отбор, проверка и хранение производственных штаммов, используемых при производстве пробиотиков. Методические указания [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс (дата обращения: 17.07.2015).

117. Нечаев, А.П. Пищевая химия: Учебник для вузов / А.П. Нечаев; 2-е изд., перераб. и испр. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 640 с.

118. Нечаев, А.П. Физиологически функциональные ингредиенты при производстве традиционных продуктов питания – хлебобулочных изделий / А.П. Нечаев, В.В. Тарасова, Ю.В. Николаева, Л.М. Малова // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2011. – № 1. – С. 44 – 46.

119. Облакулов, Х.М. Терапевтическая эффективность раствора пектина из хлопковой створки при аллергических диатезах у младенцев / Х.М. Облакулов, Х.Т. Саломов, З.З. Панкина // Науч.-практ. аспекты комплексного использования

хлопчатника как сырья для пищ. пром-сти: Тез. докл. республ. н.-т. конф. – Ташкент, 1990. – С. 160–161.

120. Орещенко, А.В. Пищевые добавки и гигиеническая безопасность пищи // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1998. – № 12. – С. 12–15.

121. Орлов, В.Д. Конвейерные сушилки в производстве сушеного жома / В.Д. Орлов, Л.Г. Иваницкая // Сахарная промышленность. – 1993. – №1. – С. 20.

122. Остриков, А.Н. Экструзионная технология пищевых текстуратов / А.Н. Остриков, М.А. Глухов, А.С. Рудометкин, Е.Г. Окулич-Казарин // Пищевая промышленность. – 2007. – № 9. – С. 18–20.

123. Охрименко, О.В. Химия пищи: Учебное пособие / О.В. Охрименко; 3-е изд., перераб. и доп. – Вологда-Молочное: ВГМА, 2015. – 244 с.

124. Павлова, Т.Н. Биоэтика в высшей школе / Т.Н. Павлова. – М., 1997.

125. Пат. 151437 ПНР. МКИ А 23 L 1/308. РЖХ Способ получения пищевого препарата клетчатки из жома сахарной свеклы. [Текст] / Борух Мештыслав, Сухаревска Данута; заявитель и патентообладатель Борух Мештыслав, Сухаревска Данута. – Заявл. 25.03.88, опубл. 31.01.91.

126. Пат. 2073013 Российская Федерация. МПК СО 8В 37/06 Способ получения желирующей добавки. [Текст] / А.А. Кочеткова, В.И. Тужилкин, О.А. Малченко, А.О. Колеснов, М.В. Гернет, С.А. Паничева, Т.В. Родина; заявитель и патентообладатель Московская государственная академия пищевых производств, Кочеткова Алла Алексеевна, Тужилкин Вячеслав Иванович – № 123274/13; заявл. 28.11.1974; опубл. 10.02.1997.

127. Пат. 2088112 Российская Федерация. МПК А23L1/0524, С08В37/06 Способ получения свекловичного пектина [Текст] / Ф.Г. Куприянова-Ашина, Э.Г. Куприянов-Ашин, Р. Ш. Хазиев, А.И. Колпаков, Р. Э. заявители и патентообладатели: Исхаков, С.В. Кузнецов Куприянова-Ашина Ф.Г., Куприянов-Ашин Э.Г., Хазиев Р. Ш., Колпаков А.И., Исхаков Р. Э., Кузнецов С.В. - № 95116109/13; заявл. 25.09.1995; опубл. 27.08.1997.

128. Пат. 2111973 Российская Федерация. МПК С08В37/06 Способ получения пектина [Текст] / В.Д. Волгин, А.А. Свитцов; заявитель и

патентообладатель Акционерное общество Научно-производственная фирма «ТЭКО» – № 96116884/04; заявл. 22.08.1996; опубл. 27.05.1998.

129. Пат. 2114122 Российская Федерация. МПК С08В37/06 Способ получения пектина [Текст] / А.Я. Шурыгин, Л.И. Злищева, Т.В. Андросова, А.З. Газарян; заявитель и патентообладатель Научно-производственное товарищество с ограниченной ответственностью «Бализ Фарм» – № 95106054/04; заявл. 18.04.1995; опубл. 27.06.1998.

130. Пат. 2116313 Российская Федерация. МПК С08В37/06, А23L1/0524 Способ получения пектина и пектиносодержащих веществ из свекловичного жома [Текст] / И.Г. Мохначев, А.И. Давиденко; заявитель и патентообладатель Акционерное общество открытого типа Технический университет Кубанского государственного технологического университета – № 97107201/13; заявл. 06.05.1997; опубл. 27.07.1998.

131. Пат. 2128928 Российская федерация. МПК А23L1/30, А23L1/308, А23L1/29 Способ получения пищевых волокон [Текст] / В.А. Лосева, Л.Н. Шахбулатова, Т.В. Санина, Ю.В. Ряховский; заявитель и патентообладатель Воронежская государственная технологическая академия – № 98106669/13; заявл. 10.04.1998; опубл. 20.04.1999.

132. Пат. 2156593 Российская Федерация. МПК А 23 L 1/214, А 23 L 1/308. Способ получения пищевого волокна из свекловичного жома [Текст] /В. А. Колесников, Ю. И. Молотилин, А. И. Артемьев, Н. А. Люсый, П. П. Павлов, В. О. Городецкий; заявитель и патентообладатель Северо-Кавказский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара. – № 2000103295/13; заявл. 14.02.2000; опубл. 27.09.2000.

133. Пат. 2158522 Российская Федерация. МПК А 23 L 1/10, А 23 L 1/29, А 23 Р 1/12. Способ экструдирования пищевых волокон [Текст] / В. П. Чижов; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью фирма «Биокор». – № 98123387/13; заявл. 23.12.1998; опубл. 10.11.2000.

134. Пат. 2172115 Российская Федерация. МПК А 23 L 1/18, А 23 L 1/308, А 23 Р 1/12, А 23 Р 1/14, А 21 С 3/04, В 29 С 47/30. Способ производства

экструдированного пищевого продукта из материала, содержащего пищевые волокна, и экструдер [Текст] / А. С. Мальцев, А. Н. Курасов; заявитель и патентообладатель А. С. Мальцев, А. Н. Курасов. – № 2000124641/13; заявл. 28.09.2000; опубл. 20.08.2001.

135. Пат. 2175844 Российская Федерация. МПК А 23 L 1/214, А 23 L 1/308 С 13 С 3/00. Способ получения пищевого волокна из свекловичного жома [Текст] / В. А. Колесников, Ю. И. Молотилин, А. И. Артемьев, Н. А. Люсый, П. П. Павлов, В. О. Городецкий, И. И. Сильванюк, М. В. Лукьяненко; заявитель и патентообладатель Северо-Кавказский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара. – № 2001102032/13; заявл. 24.01.2001; опубл. 20.11.2001.

136. Пат. 2183097 Российская Федерация. МПК А 23 L 1/214, А 23 L 1/308, С 13 С 3/00. Способ получения пищевого волокна из свекловичного жома [Текст] / В. А. Лосева, Т. В. Санина, И. В. Квитко, Ю. А. Борсяков; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение Воронежская государственная технологическая академия. – № 2001108778/13; заявл. 02.04.2001; опубл. 10.06.2002.

137. Пат. 2227678 Российская Федерация. МПК А 23 L 1/214, А 23 L 1/308, С 13 С 3/00. Способ получения пищевых волокон из свекловичного жома [Текст] / В. А. Лосева, И. В. Квитко, А. А. Ефремов, Л. Н. Путилина; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение Воронежская государственная технологическая академия. – № 2002133291/13200213329/13; заявл. 09.12.2002; опубл. 27.04.2004.

138. Пат. 2340678 Российская Федерация. МПК А 23 L 1/214, А 23 L 1/308, С 13 С 3/00. Способ получения пищевого волокна из свекловичного жома [Текст] / В. А. Лосева, Л. Н. Путилина, Н. А. Матвиенко, С. М. Шестова; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение Воронежская государственная технологическая академия. – № 2007117235/13; заявл. 08.05.2007; опубл. 10.12.2008.

139. Пат. 2457748 Российская Федерация. МПК А 23 Р 1/12. Способ производства экструдированного продукта [Текст] / А.И. Ергунов, Н.А. Гинц, А.И. Путинцев; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Производственно-Коммерческая Фирма «Планета здоровья-63». – № 2010136351/13; заявл. 30.08.2010; опубл. 10.08.2012.

140. Пат. 2459425 Российская Федерация. МПК А 23 L 1/10, А 23 L 1/16, А 23 L 1/0522, А 23 L 1/18, А 23 L 1/30 . Вспученные экструдированные зерновые продукты с богатым источником пищевого волокна [Текст] / Четел Роберт Э (US), МЬЮИ Сэнди (US), ФРЕНЧ Джастин А. (US); заявитель и патентообладатель ДЗЕ КВАКЕР ОУТС КОМПАНИ (US). – № 2009117235/13; заявл. 20.10.2009; опубл. 27.08.2012.

141. Пат. 2494629 Российская Федерация. МПК А 21 D 13/08, А 23 L 1/307. Способ производства кекса функционального назначения [Текст] / Е. В. Коновалова, И. Б. Красина, Н. А. Тарасенко, А. Б. Бузунар; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный технологический университет. – № 2012123274/13; заявл. 05.06.2012; опубл. 10.10.2013.

142. Перковец, М.В. Инулин и олигофруктоза – больше, чем просто пищевые волокна и пребиотики // Молочная промышленность. – 2007. – № 9. – С. 55–56.

143. Плотникова, О.А. Влияние различных видов пищевых волокон на показатели углеводного обмена у больных сахарным диабетом II типа / О.А. Плотникова, В.Л. Короткова, Т.А. Цагикян // Пищевые волокна в рац. питании человека: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. – М., 1987. – С. 68–70.

144. Попов, И.С. Избранные труды. – М.: Колос, 1966. – 808 с.

145. Приемы работы с экспериментальными животными: Методические рекомендации. – М.: МЗ СССР, 1989.

146. Приймак, В.М Технология и технохимический контроль сахарного производства / В.М. Приймак. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 323 с.



147. Путилина, Л.Н. Получение свекловичных волокон с улучшенными потребительскими свойствами / Л.Н. Путилина, В.А. Лосева, Н.А. Матвиенко // Сахарная свекла. – 2007. – № 8. – С. 45–47.

148. Путилина, Л.Н. Рациональное использование продукции растениеводства в сахарной промышленности / Л.Н. Путилина, В.А. Лосева // Сахарная свекла. – 2004. – № 8. – С. 20–22.

149. Рогов, И.А. Современные технологии пищевых продуктов с полисахаридами: Обзорная информация / И.А. Рогов, Н.В. Нефедова, Л.Ф. Митасева, А.Л. Пешехонова, М.М. Данилова // Обз. инф. сер. мяс. и холод. пром-сть, молоч. пром-сть; АгроНИИТЭИПП. – 1996. – № 6. – С. 1–33.

150. Рукшан, Л.В. Исследование возможности использования нетрадиционных добавок при производстве комбикормов / Л.В. Рукшан, Н.И. Ширин, И.Ю. Давидович, А.А. Ветошкина // Техника и технология пищевых производств: Тезисы докл. 2 Междунар. н.-т. конф. (22–24 нояб., 2000 г.). – Могилев: Изд-во Могилев. технол. ин-та, 2000. – С. 119–120.

151. Салтык, И.П. Внедрение ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий и организация вторичной переработки отходов в свеклосахарном производстве / И.П. Салтык, Ж.А. Горобец, Ю.И. Болохонцева // Региональная экономика: теория и практика. – 2008. – № 31. – С. 51–65.

152. Салтык, И.П. Экономические проблемы инновационного производства в свеклосахарном подкомплексе / И.П. Салтык, Г.С. Косулин, Ю.И. Болохонцева // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: материалы Межд. науч.-пр. конф.; Краснодар, 06–26 апреля 2015 г. – Краснодар, 2015. – С. 450–454.

153. Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев). – М., 1973.

154. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий. – М.: Прейскурантиздат, 1989. – 494 с.

155. Семенова, П.А. Применение пищевых волокон в технологиях продуктов питания // П.А. Семенова, К.Д. Горшунова, А.П. Нечаев, В.В. Бессонов, Е.К. Байгарин // Сборник научных трудов МПА. Выпуск X: Под. ред. В.А. Бутковского. – М.: ИЦ Интермедия, 2012. – С. 91–102.
156. Силин, П.М. Технология сахара / П.М. Силин. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 625 с.
157. Силко, С.Н. Влияние вида пектина на степень черствения хлеба / С.Н. Силко, Л.В. Донченко, Н.В. Сокол // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы шестой региональной н.-п. конф. молодых ученых (9–10 декабря 2004). – Краснодар, 2004. – С. 159.
158. Солдатова, Г.С. Продукты серии «Нутрикон» и их роль в поддержании здоровья человека / Г.С. Солдатова, В.К. Мазо, Г.Г. Егиазарян. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2013. – 152 с.
159. Сони́на, Р.А. Пищевые волокна как сорбенты экологически вредных веществ в желудочно-кишечном тракте // Морфология, физиология и клиника пищеварения: тезисы докл. науч. конф. (13–16 нояб. 1993 г.). – Одесса, 2013. – С. 36.
160. Сопронов, А.Р. Технология сахара: учебник / А.Р. Сопронов, Л.А. Сапронова, С.В. Ермолаева. – СПб.: ИД «Профессия», 2013. – 296 с.
161. Спичак, В.В. Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в свеклосахарной отрасли / В.В. Спичак, И.П. Салтык // Сахар. – 2006. – № 4. – С. 17–18.
162. Спичак, Е.В. Свеклосахарное производство: концептуальный подход / Е.В. Спичак, М.И. Егорова // Сахар. – 2012. – № 1. – С. 37–39.
163. Стрельбицкий, О.Г. Математические модели в решении проблемы внедрения прикладных научно-технических разработок // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы Межд. науч.-пр. конф.; Кинель, 22–23 апреля 2015 г. – Самара: СГСА, 2015. – С. 416–423.

164. Тамова, М.О. Натуральные комплексообразователи – фактор барьерной технологии / М.О. Тамова, Г.И. Касьянов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 3. – С. 51–52.

165. Тамова, М.О. Применение ИК-скопии для определения показателей качества пектина / М.О. Тамова, Г.М. Зайко, СВ. Хрюкина // Рац. пути использ. вторичн. ресурсов АПК: Тезисы докл. Междунар. науч. конф. (23–26 сент., 1997 г.). – Краснодар, 2007. – С. 205–206.

166. Тарасенко, Н.А. Роль пищевых волокон в технологии кексов / Н.А. Тарасенко, Ю.Н. Никонович, Н.С. Быкова, Н.И. Жданова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2015. – № 1. – С. 150–153.

167. Тарасова, А.В. Пищевые волокна для хлебобулочных изделий / А.В. Тарасова, К.В. Березнева, Н.А. Березина, Н.В. Мазалова // Основные перспективы развития пищевой инженерии и гигиены питания: Матер. V Международной научно-практической конференции молодых ученых 25–26 мая 2015 г. – Орел: ОГИЭТ, 2015.

168. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование / Под. ред. А.Н. Богатырева, В. П. Юрьева. – М.: Ступень, 1994. – 200 с.

169. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента (в легкой и текстильной промышленности) / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

170. Трахтенберг, И.М. Проблема нормы в токсикологии (Современные представления и методические подходы, основные параметры и константы) / И.М. Трахтенберг, Р.Е. Сова, В.О. Шефтель, Ф.А. Оникиенко. – М.: Медицина, 1991. – 225 с.

171. Туманова, А.Е. Микрокристаллическая целлюлоза в производстве печенья // Техника и технология пищевых производств: Тезисы докл. 2 Междунар. науч.-техн. конф. (22 – 24 нояб., 2012). – Могилев: Изд-во Могилев. технол. ун-та, 2012. – С. 69.

172. Уголев, А.М. Эволюция пищеварения и принципы эволюции функций / А.М. Уголев. – Л.: Наука, 1985. – 543 с.

173. Устинова, А.В. Медико-биологическая оценка диетических свойств пищевых волокон / А.В. Устинова, Н.Е. Белякина, С.И. Хвьяля, А.И. Сурнина, Н.С. Мотылина, Е.М. Бокова // Мясная индустрия. – 2008. – № 7. – С. 31–35.

174. Харина, М.В. Особенности структуры и состава свекловичного жома и перспективы его переработки / М.В. Харина, Л.М. Васильева, В.М. Емельянов // Вестник Казанского технологического университета. – Т. 17. – 2014. – № 24. – С. 159–162.

175. Хемелевский, М.З. Биохимия в свеклосахарном производстве / М.З. Хемелевский. – М.: Пищевая промышленность, 1997. – 224 с.

176. Химический состав российских пищевых продуктов / Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

177. Цыганова, Т.Б. Применение микрокристаллической целлюлозы в производстве мучных кондитерских изделий / Т.Б. Цыганова, О.А. Сушенкова, И.И. Люшинская, Г.Д. Касаткина, И.И. Паносян. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 2004. – 31 с.

178. Черно, Н.К. Ксилоглюканы-полисахариды развивающихся тканей // Химия древесины. – 1989. – № 3. – С. 3–18.

179. Четвертаков, И.М. Экономика, организация и управление сельскохозяйственным производством: Учебное пособие / И.М. Четвертаков. – Воронеж, 2013. – 191 с.

180. Чистякова, А.М. Влияние некоторых аминокислот на показатели липидного обмена в эксперименте / А.М. Чистякова, В.Н. Мирошкина, В.Е. Рыженков // Вопросы питания. – 1990. – № 1. – С. 40–44.

181. Шабурова, Г.В. Технологии пищевых производств в вопросах и ответах: Уч.-методич. пособие / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов. – Пенза: ПГТУ, 2015. – 97 с.

182. Шапиро, Д.К. Практикум по биологической химии / Д.К. Шапиро; 2-е изд. – Минск: Вышэйш. школа, 1976. – 288 с.

183. Шемякина, Е.В. Методика определения комплексообразования тяжелых металлов в растворе желудочного сока / Е.В. Шемякина, О.А. Лопанчук // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – № 3.

184. Широков, А.В. Влияние концентрированной поликомпонентной добавки на реологические свойства теста для хлебобулочных изделий / А.В. Широков, Л.О. Широкова, Т.И. Демидова // Хлебопродукты. – 2015. – № 4. – С. 46–47.

185. Широков, А.В. Разработка технологии и оценка качества пшеничного хлеба, обогащённого поликомпонентной смесью на основе вторичного сырья // Хлебопродукты. – 2014. – № 10. – С. 53–55.

186. Шкенева, Л.Н. Заместительная энзимотерапия с использованием продукта лечебного питания у детей с хронической патологией гастродуоденальной зоны // Материалы X Конгресса детских гастроэнтерологов России «Актуальные проблемы абдоминальной патологии у детей». – М., 2004. – С.197–199.

187. Шлеленко, Л.А. Растительное сырье нового поколения для хлебобулочных изделий / Л.А. Шлеленко, О.Е. Тюрин, А.Е. Борисова, Е.В. Невская, Е.И. Добрян // Хлебопечение России. – 2014. – № 1. – С. 16–17.

188. Шмалько Н.А., Беликова А.В., Росляков Ю.Ф. Использование экструдированных продуктов в хлебопечении / Н.А. Шмалько, А.В. Беликова, Ю.Ф. Росляков // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 7. – С. 90–92.

189. Шотова, В.Е. Влияние свекловичного пектина на качество хлеба / В.Е. Шотова // Улучшители качества пищевых продуктов. – М.: Пищ. пром-сть, 1977. – С. 103–107.

190. Шульга, А.А. Исследование физико-химических характеристик комплекса полисахаридного «ПОЛИКОМ» // Техника и технология пищевых производств: Тезисы докл. 2 Междунар. науч.-техн. конф. (22 – 24 нояб., 2012). – Могилев: Изд-во Могилев. технол. ун-та, 2012. – С. 21–22.

191. Юрченко, А.Е. Вторичные материальные ресурсы пищевой промышленности: Справочник / А.Е. Юрченко. – М.: Экономика, 1984. – 397 с.
192. Asp, N.G. Dietary carbohydrates. Classification by chemistry and physiology // *Food Chem.* – 1996. – 57, № 1. – P. 9–14.
193. Belostotskii, L.G. Technological scheme for production of dietary powder from beet pulp: Abstr. S.P.R.I. Conf. New Orleans Ia 1996 / L.G. Belostotskii, V.A. Lagoda, T.A. Vdovina, T.A. Prokopenko, Yu.F. Snezkin, A.A. Khavin, S.V. Kuz'menko // *Int Sugar J* – 1996. – 98 . №1171 – С 383 – АНГЛ.
194. Birke Sue. A healthy interest in product claims // *Food Manuf.* 2001. 76, №8, С 40–41.
195. Chen, Hai-ming. Properties and extraction of pectin-enriched materials from sugar beet pulp by ultrasonic-assisted treatment combined with subcritical water / Chen, Hai-ming; Fu, Xiong; Luo, Zhi-gang // *Food Chemistry.* – 2015. – Vol. 168. – P. 302–310.
196. Concha Olmos, J. Enzymatic depolymerization of sugar beet pulp: Production and characterization of pectin and pectic-oligosaccharides as a potential source for functional carbohydrates / J. Concha Olmos, M.E. Zúñiga Hansen // *Chemical Engineering Journal.* – 2012 – Vol. 192. – P. 29–36.
197. Devin Denise L., Katz Sheila M., Salmon Peter M., Sweet M. Lynne. Devine Foods, Inc. – №423608; Заявл. 17.04.95; Оpubл. 13.02.96; НКИ 426/573 Edible fiber-containing products and composition: Пат. 5490997 США, МКИ6 А23 L2/02.
198. Dinand, E. Suspensions of cellulose microfibrils from sugar beet pulp / E. Dinand, H. Chanzy, M.R. Vignon // *Food Hydrocolloids* – 1999. – 13, №3. – P. 275–283.
199. Foschia M., Peressini D., Sensidoni A., Brennan C.-S. (2013) The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *Cereal Science*, Vol. 58, Iss. 2, p. 216–227.
200. Gray, J.: Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe Concise Monograph Series (pp.35), 2006. Brussels: ILSI Europe.

201. Handbook of Food Science, Technology, And Engineering. 4 Vol. Set / Edited by Y. H. Hui. - Taylor & Francis Group, 2006.

202. Harten Udo, Knaack Reinhard. Verfahren zur Herstellung eines Futtermittels aus Zuckerrubenschnitzeln.. Опубликовано 01.03.2001. Патент Германия.

203. Hashi, M. Hypoholesterolemic effect of beech (*Fagus crenata* Blume) // Chem. and Eng. News. 2002. 79, №23, pp. 13–14.

204. Jezek, D. Production of soluble dietary fibres from sugar beet pulp with Betanaza T enzyme in the extrusion process / D. Jezek, D. Curie, D. Karlovic, B. Tripalo // Chem. and Biochem. Eng/ Quart. – 1996. – 10, №3. P. 103–106.

205. Jordan, K.C. An investigation of pectic acid in dilute solution / K.C. Jordan, D.A. Brant // Biopolimer. – 1978. – Vol. 17, № 12. – P. 2885–2895.

206. Kleiner Ulrike Anwendung von im Lebensmittelbereich // Fleischwirtschaft. 2001. 81, №12, S. 88–90.

207. Lenz, Y. Neul Wege zur Verwertung von Hemicellulosen / Y. Lenz, J. Schurz // Ossterr. Chem. Ztschr., 1986, Bd. 87, No. 11, ss. 318–321.

208. Les fibres Feillet P. // Ind. alim. et agr. – 1988. – 105. №12. – C 1249–1253.

209. Lv, C. (2013). Optimization of production yield and functional properties of pectin extracted from sugar beet pulp / Lv, C., Wang, Y., Wang, L. J., Li, D., & Adhikari, B. // Carbohydrate Polymers – 2013. – Vol. 95(1). – P. 233–240.

210. Ma, S. Extraction, characterization and spontaneous emulsifying properties of pectin from sugar beet pulp / Ma, S., Yu, S. J., Zheng, X. L., Wang, X. X., Bao, Q. D., & Guo, X. M. // Carbohydrate Polymers. – 2013. – Vol. 98(1). – P. 750–753.

211. Michel, F. Preparation and characterisation of dietary fibre from sugar beet pulp / Michel, F., Thibault, J. F., Barry, J. L., & de Baynast, R. // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1988. – Vol. 42(1) – P. 77–85.

212. Musterma, M. Fur die Ballastoffanreicherung in Lebensmitteln Innovative Diat-fassern // Ernahrungsindustrie. – 1999. – SS. 58, 60–61.

213. Oosterveld, A. Arabinose and ferulic acid rich pectic polysaccharides extracted from sugar beet pulp / Oosterveld, A., Beldman, G., Schols, H. A., & Voragen, A. G. // *Carbohydrate Research*. – 1996. – Vol. 288. – P. 143–153.

214. Pandolf, T. Dietary fiber binding of bile acid through mineral supplementation / T. Pandolf, F. Clydesdale // *J. Food Sci.*, 1992, vol. 57, No 5, pp. 1242–1245.

215. Pectic acid in cacao products final action // AD AC official methods of analysis of the Association of analytical chemists – Arlington, 1990. – P.765–766.

216. Pour Vladimir, Kreckova Josefa, Ticha Berta Способ получения ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН. Опубликовано 11.07.91. Патент ЧСФР № 270967.

217. Reisch, Marc S. Serving up foods with a benefit // *Chem. and Eng. News*. 2001. 79, №24, С 12–14.

218. Ritchey Thomas William, Becker Douglas C, Gray Jeck; Amerikan Cyanamid Co. – № 725033; Заявл. 3.07.91; Опубли. 18.11.97; НПК 426/573 Meal replacement composition and method of weight control: Пат. 5688547 США, А 23 L 1/05, 1/187.

219. Schneeman, B.O. Composition of high density lipoproteins in rats fed various dietary fibers / B.O. Schneeman, J. Cimmarusti, W. Cohen et al. // *J. Nutr.*, 1984, vol. 114, pp. 1320–1326.

220. Utilization of beet pulp for paper manufacture / Vaccari G., Nicolucci C, Monegato A. // *Int. Sugar J.* – 1995. – 97, № 1162. – С 556 – 559.

221. Yapo, B. M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts // Yapo, B. M., Robert, C., Etienne, I., Wathelet, B., & Paquot, M. // *Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 100(4). – P. 1356–1364.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

#### Определение концентрации уксусной кислоты для приготовления водного раствора с заданным рН

Концентрацию уксусной кислоты для приготовления растворов с заданным рН определяли исходя из теории Бренстеда, позволяющей целенаправленно регулировать свойства растворенного вещества, зная его состав. Расчет рН для растворов уксусной кислоты производили по формуле:

$$pH = \frac{K_a + C_{\text{укс.к-ты}}}{2}$$

где  $K_a$  – константа автопротолиза (для уксусной кислоты равна 4,76);

$C$  – отрицательный логарифм концентрации (моль/л) уксусной кислоты в водном растворе.

Опытные и расчетные данные представлены в таблице 1. График для определения концентрации раствора уксусной кислоты для получения рН, соответствующее плану эксперимента представлен на рисунке 1.

Таблица 1 – Опытная и расчетная рН рабочего раствора уксусной кислоты в зависимости от концентрации

Концентрация уксусной кислоты, моль/л	Отрицательный логарифм концентрации	Расчетное значение рН	Опытное значение рН
0,01	2	3,38	3,32
0,0001	4	4,38	4,35
0,00001	5	4,88	4,85
0,000001	6	5,38	5,36
0,0000001	7	5,88	5,84
0,00000001	8	6,38	6,34

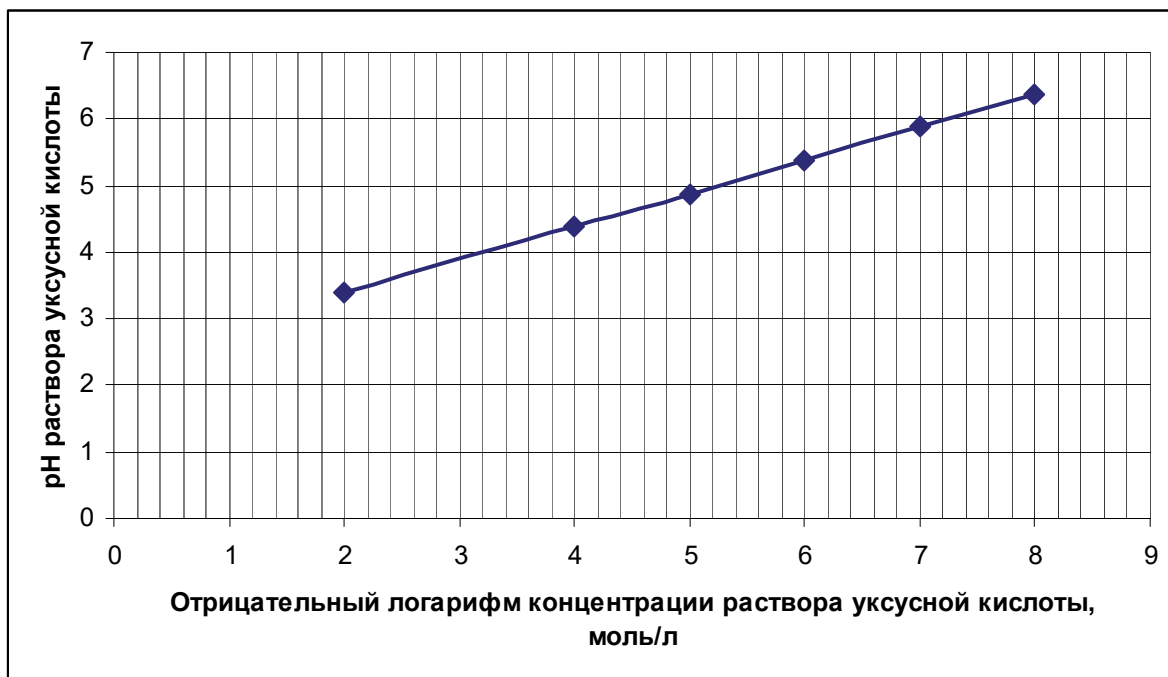


Рисунок 1 – Зависимость pH рабочего раствора от логарифма концентрации уксусной кислоты

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### План и выходные параметры эксперимента

№ опыта	X <sub>1</sub> , рН	X <sub>2</sub> , продолжительность экстракции	X <sub>3</sub> , температура	Y <sub>1</sub> , водосвязывающая способность, г воды/ 1 г ПВ	Y <sub>2</sub> , сорбционная способность, моль/дм <sup>3</sup>	Y <sub>3</sub> , содержание пектиновых веществ, %
1	4,00	20,00	25,00	4,9	0,043	1,1
2	4,00	20,00	75,00	4,7	0,049	1,53
3	4,00	60,00	25,00	4,3	0,032	0,86
4	4,00	60,00	75,00	4,9	0,03	1,27
5	6,00	20,00	25,00	4,9	0,05	2,02
6	6,00	20,00	75,00	4,0	0,046	2,6
7	6,00	60,00	25,00	5,1	0,037	2,5
8	6,00	60,00	75,00	4,8	0,04	2,9
9	3,32	40,00	50,00	4,3	0,04	0,8
10	6,68	40,00	50,00	4,2	0,048	5,2
11	5,00	6,36	50,00	4,2	0,054	1,7
12	5,00	73,64	50,00	5,0	0,04	3,6
13	5,00	40,00	7,96	5,1	0,04	0,5
14	5,00	40,00	92,04	4,7	0,03	1,5
15	5,00	40,00	50,00	5,0	0,055	4,7
16	5,00	40,00	50,00	5,0	0,055	4,7

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### Регрессионный анализ зависимости водосвязывающей способности пищевых волокон от режима их обработки

с учетом межфакторного взаимодействия ( $X_1$  – рН,  $X_2$  – продолжительность экстракции,  $X_3$  – температура,  $n=16$ , критерий Стьюдента теоретический – 2,11)

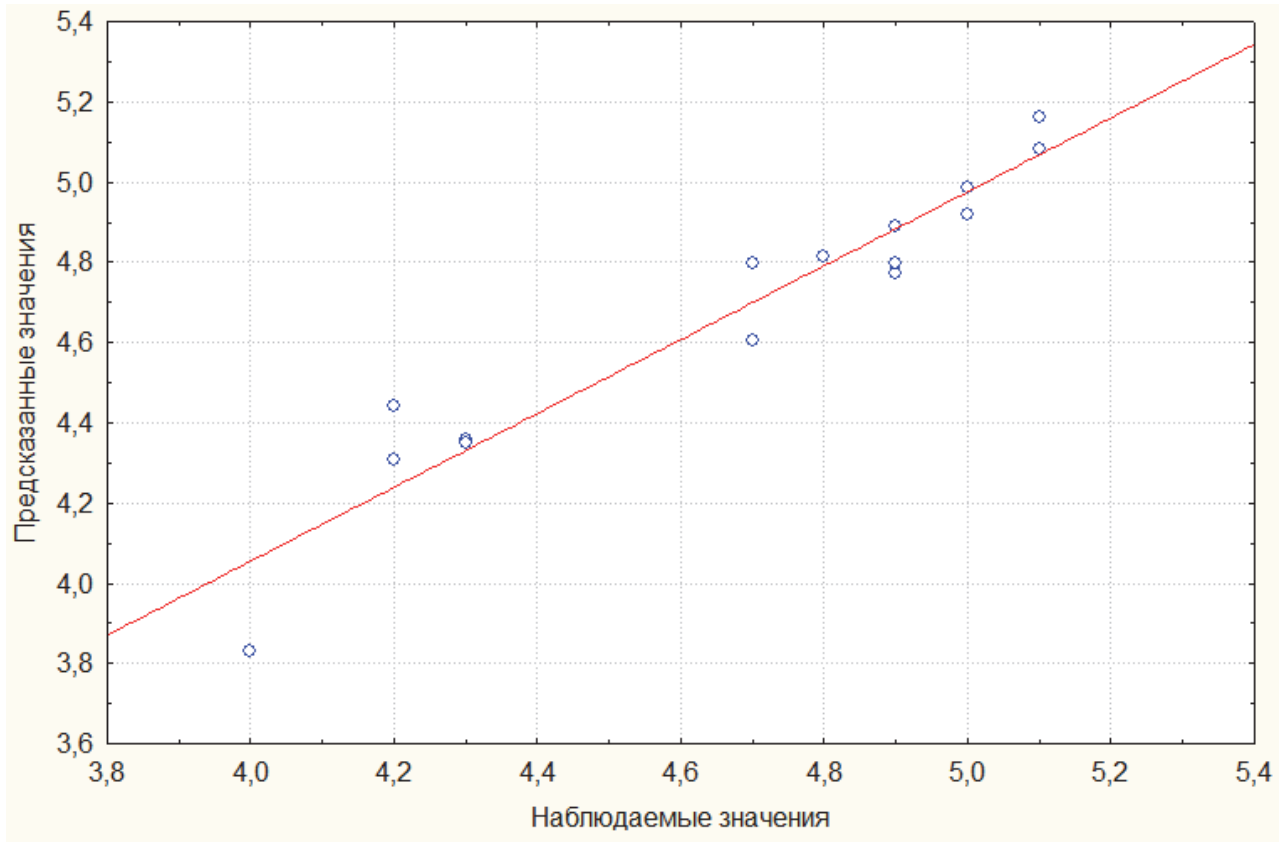
Кодированные переменные	Регрессионные коэффициенты	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента фактический	Значимость расчетного критерия Стьюдента
Сред/Св.член	4,986304	0,115520	43,16410	0,000000
$X_1$	-0,012315*	0,044337	-0,27775*	0,790528*
$X_1^2$	-0,232101	0,053832	-4,31155	0,005029
$X_2$	0,142451	0,044337	3,21289	0,018300
$X_2^2$	-0,108357*	0,053832	-2,01286*	0,090794*
$X_3$	-0,107837*	0,044337	-2,43219*	0,051010*
$X_3^2$	-0,002291*	0,053832	-0,04256	0,967435*
$X_1X_2$	0,175000	0,057930	3,02091	0,023370
$X_1X_3$	-0,200000	0,057930	-3,45246	0,013592
$X_2X_3$	0,175000	0,057930	3,02091	0,023370

\*Величина коэффициента или критерия соответствует незначительному значению

Расчет по модели: наблюдаемые значения, предсказанные значения и остатки

№ опыта	Наблюдаемые значения	Предсказанные значения	Остатки
1	4,900000	4,771256	0,128744
2	4,700000	4,605582	0,094418
3	4,300000	4,356159	-0,056159
4	4,900000	4,890484	0,009516
5	4,900000	4,796627	0,103373
6	4,000000	3,830953	0,169047
7	5,100000	5,081529	0,018471
8	4,800000	4,815855	-0,015855
9	4,300000	4,350535	-0,050535
10	4,200000	4,309114	-0,109114
11	4,200000	4,440251	-0,240251
12	5,000000	4,919398	0,080602
13	5,100000	5,161184	-0,061184
14	4,700000	4,798465	-0,098465
15	5,000000	4,986304	0,013696
16	5,000000	4,986304	0,013696

**Наблюдаемые и предсказанные значения по регрессионной модели водосвязывающей способности пищевых волокон от режима их обработки**

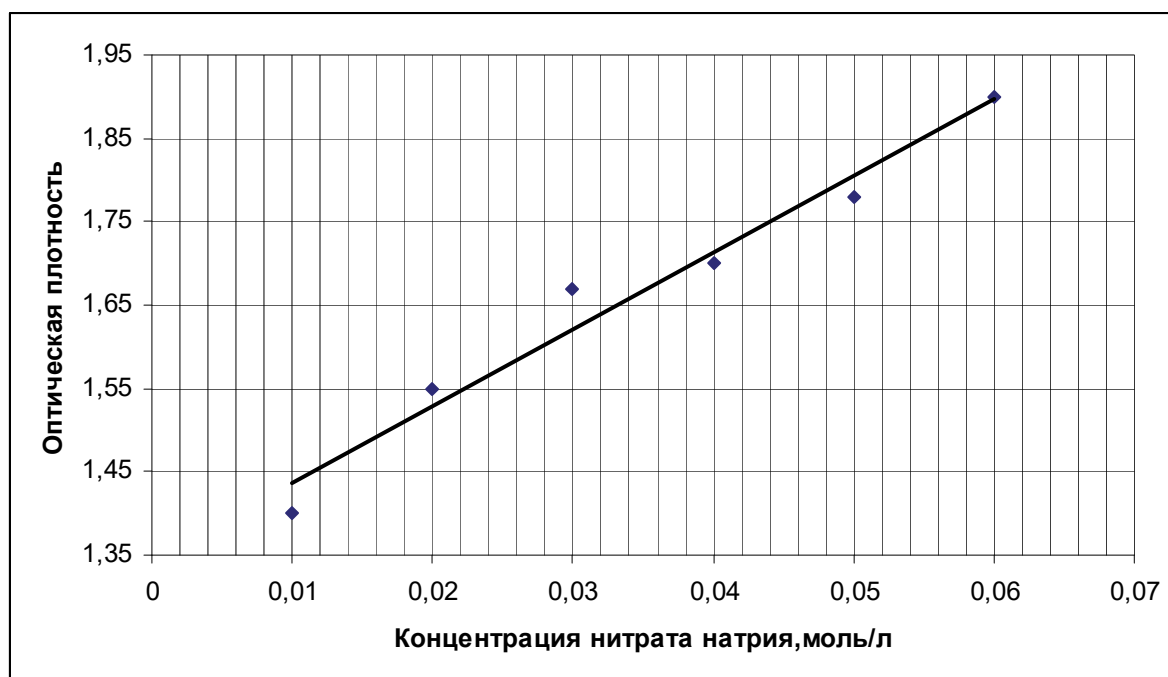


Результаты множественной регрессии зависимости водосвязывающей способности пищевых волокон от режима их обработки

Уравнение регрессии с учетом значимых коэффициентов	Коэффициент корреляции, R	Коэффициент детерминации, R <sup>2</sup>	Критерий Фишера		Стандартная ошибка
			расч	факт	
$Y = 4,99 - 0,23X_1^2 + 0,14X_2 + 0,175X_1X_2 - 0,2X_1X_3 + 0,175X_2X_3$	0,4645	0,2153	3,12	1,1	0,3641

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Градуировочный график зависимости оптической плотности от концентрации нитрата натрия в растворе



## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

**Регрессионный анализ зависимости сорбционной способности пищевых волокон от режима обработки**

**с учетом межфакторного взаимодействия ( $X_1$  – рН,  $X_2$  – продолжительность экстракции,  $X_3$  – температура,  $n=16$ , критерий Стьюдента теоретический – 2,11)**

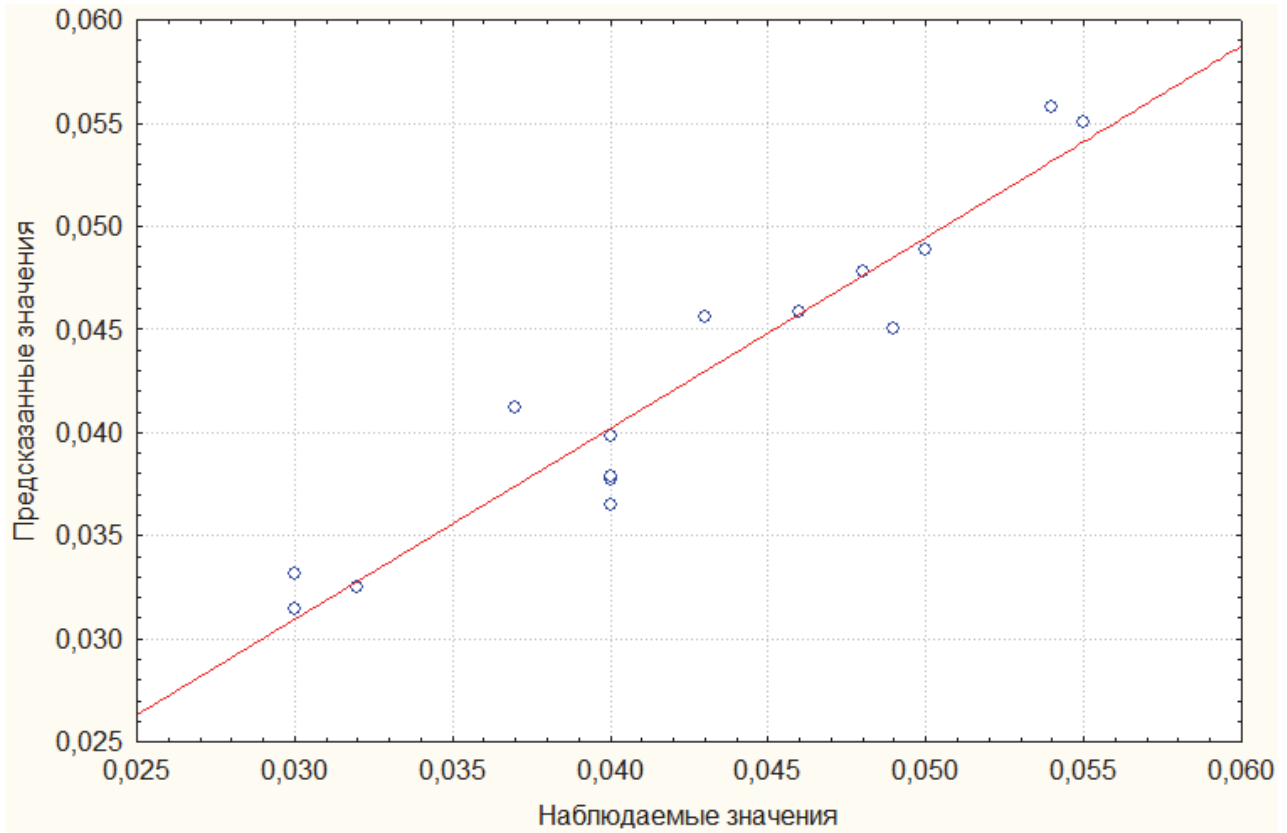
Кодированные переменные	Регрессионные коэффициенты	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента фактический	Значимость расчетного критерия Стьюдента
Сред/Св.член	0,055032	0,002548	21,59432	0,000001
$X_1$	0,002376*	0,000978	2,42956*	0,051193*
$X_1^2$	-0,003967	0,001188	-3,34076	0,015597
$X_2$	-0,005312	0,000978	-5,43080	0,001616
$X_2^2$	-0,002907	0,001188	-2,44764	0,049951
$X_3$	-0,001012*	0,000978	-1,03442*	0,340818*
$X_3^2$	-0,007149	0,001188	-6,02012	0,000948
$X_1X_2$	0,001375*	0,001278	1,07592*	0,323313*
$X_1X_3$	-0,000625*	0,001278	-0,48905*	0,642166*
$X_2X_3$	-0,000125*	0,001278	-0,09781*	0,925268*

\*Величина коэффициента или критерия соответствует несущественному значению

Расчет по модели: наблюдаемые значения, предсказанные значения и остатки

№ опыта	Наблюдаемые значения	Предсказанные значения	Остатки
1	0,043000	0,045581	-0,002581
2	0,049000	0,045058	0,003942
3	0,032000	0,032457	-0,000457
4	0,030000	0,031434	-0,001434
5	0,050000	0,048834	0,001166
6	0,046000	0,045810	0,000190
7	0,037000	0,041210	-0,004210
8	0,040000	0,037686	0,002314
9	0,040000	0,039814	0,000186
10	0,048000	0,047807	0,000193
11	0,054000	0,055744	-0,001744
12	0,040000	0,037877	0,002123
13	0,040000	0,036512	0,003488
14	0,030000	0,033109	-0,003109
15	0,055000	0,055032	-0,000032
16	0,055000	0,055032	-0,000032

**Наблюдаемые и предсказанные значения по регрессионной модели сорбционной способности пищевых волокон от режима их обработки**



Результаты множественной регрессии зависимости сорбционной способности пищевых волокон от режима их обработки

Уравнение регрессии с учетом значимых коэффициентов	Коэффициент корреляции, R	Коэффициент детерминации, R <sup>2</sup>	Критерий Фишера		Стандартная ошибка
			расч	факт	
$Y=0,055$ $0,004X_1^2$ $0,005X_2$ $0,003X_2^2$ $0,007X_3^2$	0,671	0,44	3,12	3,07	0,00696



## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

**Регрессионный анализ зависимости содержания водорастворимых  
пектиновых веществ в пищевых волокнах от режима обработки**

**с учетом межфакторного взаимодействия ( $X_1$  – рН,  $X_2$  – продолжительность экстракции,  $X_3$  – температура,  $n=16$ , критерий Стьюдента теоретический – 2,11)**

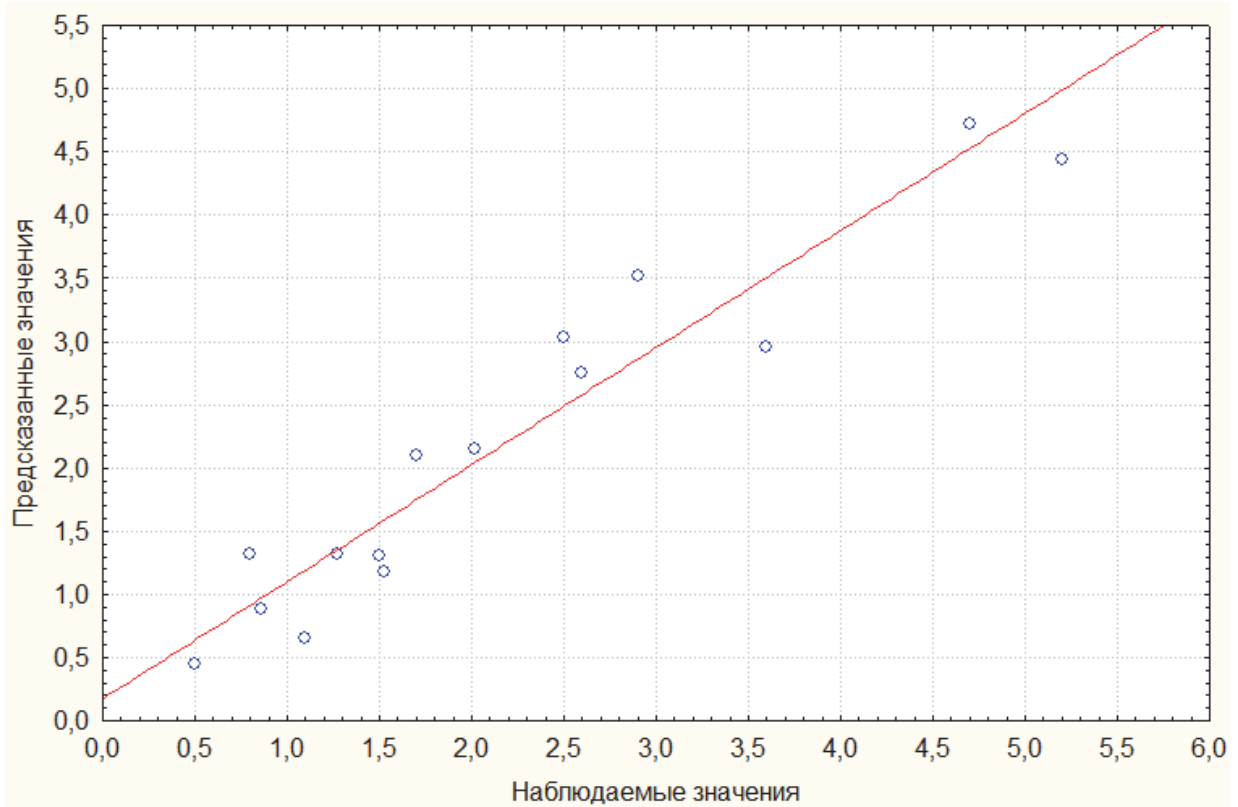
Кодированные переменные	Регрессионные коэффициенты	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента фактический	Значимость расчетного критерия Стьюдента
Сред/Св.член	4,72109	0,455497	10,36469	0,000047
$X_1$	0,92700	0,174824	5,30248	0,001825
$X_1^2$	-0,65195	0,212262	-3,07141	0,021902
$X_2$	0,25448*	0,174824	1,45564*	0,195738*
$X_2^2$	-0,77569	0,212262	-3,65439	0,010650
$X_3$	0,25641*	0,174824	1,46670*	0,192823*
$X_3^2$	-1,35905	0,212262	-6,40270	0,000684
$X_1X_2$	0,16000*	0,228418	0,70047*	0,509870*
$X_1X_3$	0,01750*	0,228418	0,07661*	0,941422*
$X_2X_3$	-0,02500*	0,228418	-0,10945*	0,916416*

\*Величина коэффициента или критерия соответствует несущественному значению

Расчет по модели: наблюдаемые значения, предсказанные значения и остатки

№ опыта	Наблюдаемые значения	Предсказанные значения	Остатки
1	1,100000	0,649007	0,450993
2	1,530000	1,176833	0,353167
3	0,860000	0,887968	-0,027968
4	1,270000	1,315794	-0,045794
5	2,020000	2,148005	-0,128005
6	2,600000	2,745830	-0,145830
7	2,500000	3,026966	-0,526966
8	2,900000	3,524792	-0,624792
9	0,800000	1,318086	-0,518086
10	5,200000	4,436126	0,763874
11	1,700000	2,099122	-0,399122
12	3,600000	2,955090	0,644910
13	0,500000	0,445873	0,054127
14	1,500000	1,308339	0,191661
15	4,700000	4,721085	-0,021085
16	4,700000	4,721085	-0,021085

**Наблюдаемые и предсказанные значения по регрессионной модели  
содержания пектиновых веществ в пищевых волокнах от режима их  
обработки**

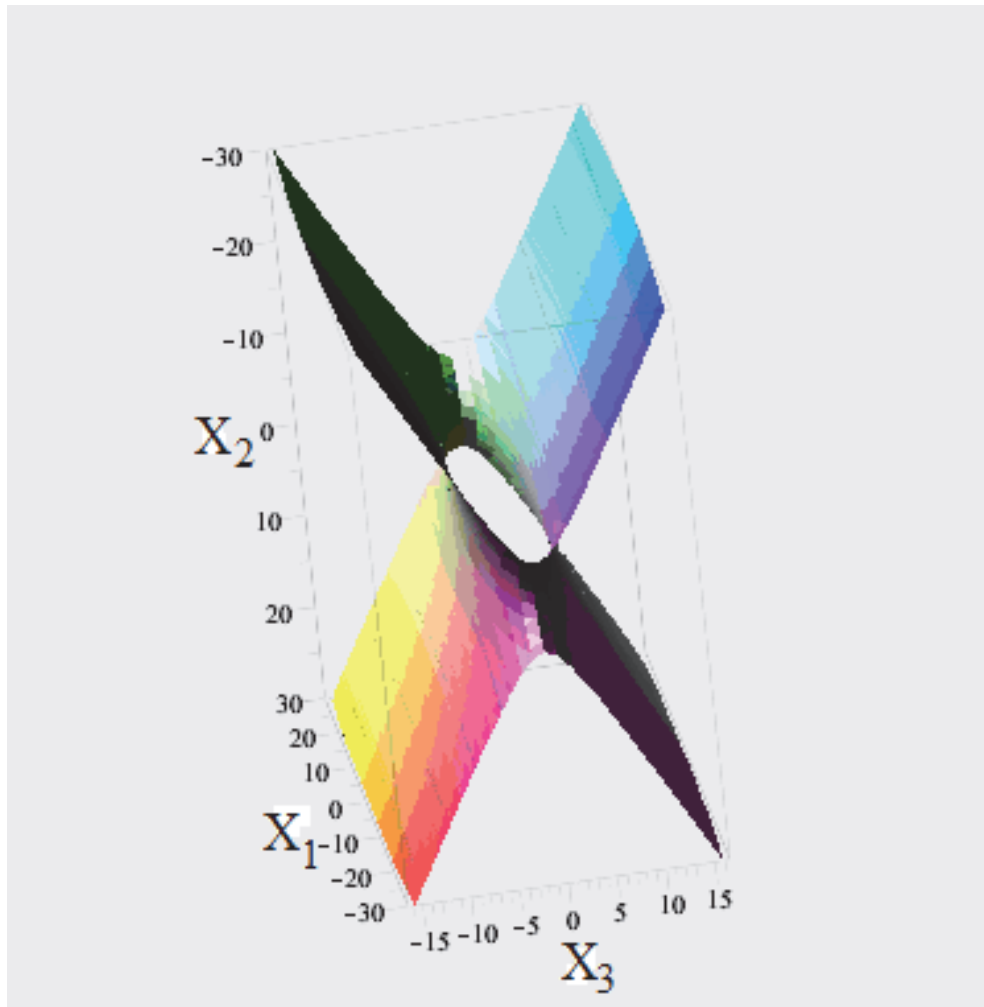


Результаты множественной регрессии зависимости содержания пектиновых веществ в пищевых волокнах от режима их обработки

Уравнение регрессии с учетом значимых коэффициентов	Коэффициент корреляции, R	Коэффициент детерминации, R <sup>2</sup>	Критерий Фишера		Стандартная ошибка
			расч	факт	
$Y = 4,72 + 0,92X_1 - 0,65X_1^2 - 0,771X_2^2 - 1,35X_3^2$	0,632	0,399	3,12	2,6	1,3251

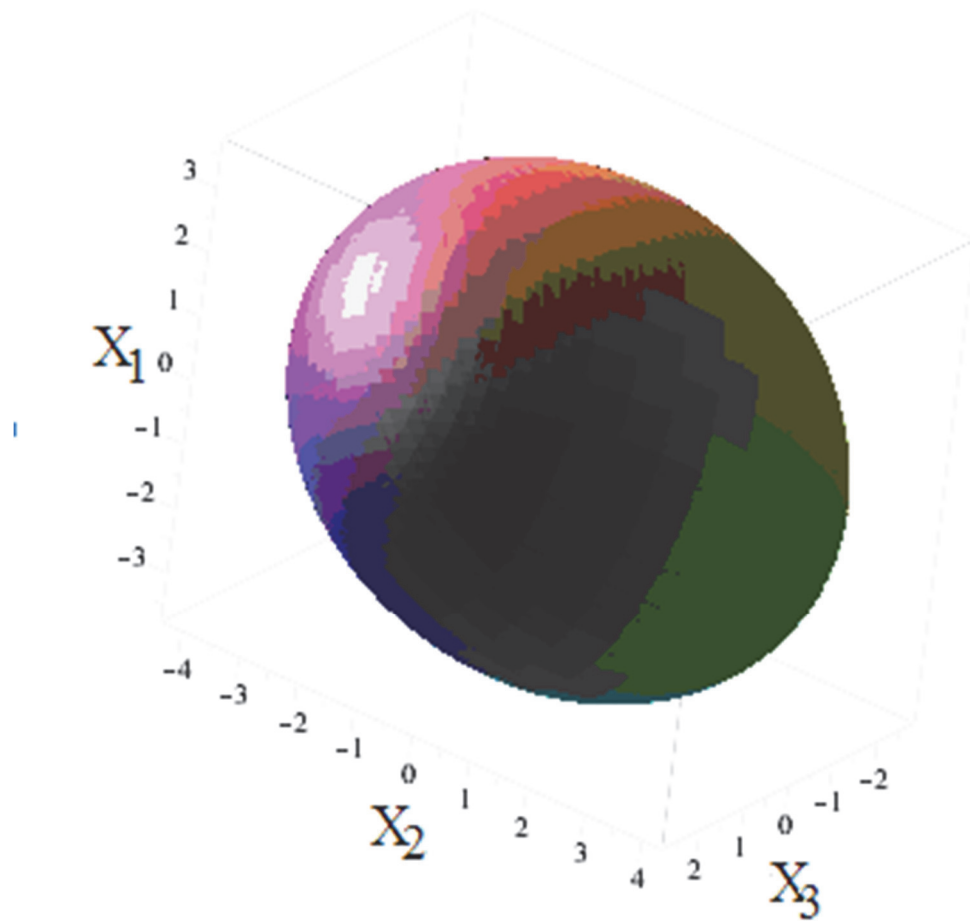
## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

**Вид поверхности для равных значений отклика для водосвязывающей способности пищевых волокон**



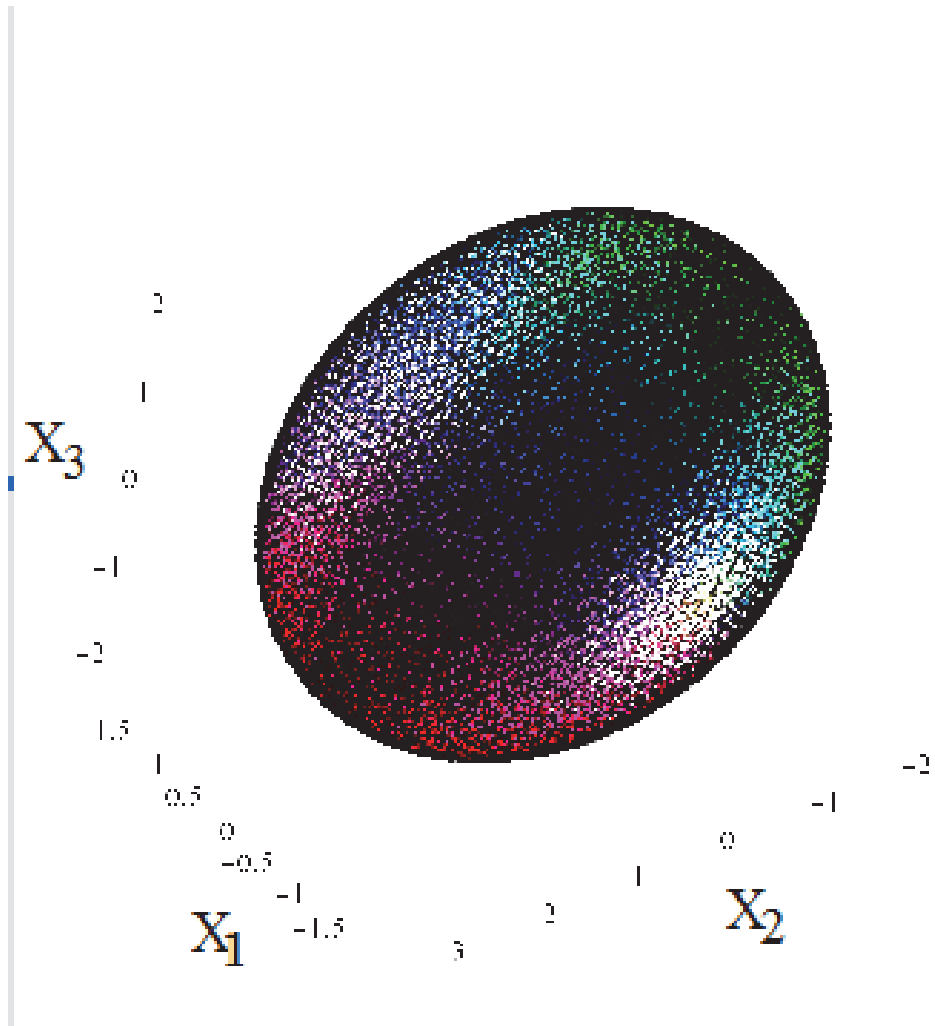
## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

**Вид поверхности для равных значений отклика для сорбционной способности пищевых волокон**



## ПРИЛОЖЕНИЕ 9

**Вид поверхности для равных значений отклика для содержания  
пектиновых веществ в пищевых волокнах**



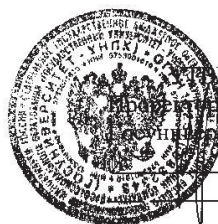
## ПРИЛОЖЕНИЕ 10

**Разработанная техническая документация на порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна», порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный и Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»  
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»)

ОКП 97 2300

Группа Н48  
(ОКС 67.080.20)



СЕРЖДАЮ  
по научной работе  
Госуниверситет - УНПК  
С.Ю. Радченко  
2014 г.

**ПОРОШКИ ПИЩЕВЫЕ СВЕКЛОВИЧНЫЕ «САХАРНЫЕ ВОЛОКНА»**

Технические условия

ТУ 9723-304-02069036-2014

Введены впервые

Дата введения в действие –01.03.2014 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»  
Доцент кафедры «Технология хлебо-  
пекарного, кондитерского и макаронного  
производства», канд. техн. наук

\_\_\_\_\_  
Н.А. Березина  
Аспирант кафедры «Технология хлебопе-  
карного, кондитерского и макаронного  
производства»

\_\_\_\_\_  
Н.В. Мазалова

Начальник Нормативно-технического отдела

\_\_\_\_\_  
Л.А. Краюшкина

г. Орел  
2014



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
 «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»  
 (ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»)



ТВЕРЖДАЮ

Профессор по научной работе

Государственный университет - УНПК

С.Ю. Радченко

2014 г.

## Порошки пищевые свекловичные «Сахарные волокна»

Технологическая инструкция

ТУ 9723-304-02069036

Разработана впервые

Дата введения в действие – 01.03.2014г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

Доцент кафедры «Технология хлебо-  
 пекарного, кондитерского и макарон-  
 ного производства», канд. техн. наук

 Н.А. Березина

Аспирант кафедры «Технология хлебо-  
 пекарного, кондитерского - и макарон-  
 ного производства»

 Н.В. Мазалова

Начальник

Нормативно-технического отдела

 Л.А. Краюшкина

г. Орел

2014

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
 «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»  
 (ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»)

ОКП 91 1350

Группа НЗ2  
(ОКС 60.060)

УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по научной работе  
 Госуниверситет - УНПК  
 С.Ю. Радченко  
 12.03.2015 г.

## ХЛЕБ ИЗ СМЕСИ РЖАНОЙ И ПШЕНИЧНОЙ МУКИ С ПОРОШКАМИ ПИЩЕВЫМИ СВЕКЛОВИЧНЫМИ

Технические условия

ТУ 9113-316-02069036-2015

Введены впервые

Дата введения в действие –

## РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

Доцент кафедры «Технология хлебо-  
 пекарного, кондитерского и макаронного  
 производства», канд. техн. наук

  
 Н.А. Березина

Аспирант кафедры «Технология хлебопе-  
 карного, кондитерского и макаронного  
 производства»

  
 Н.В. Мазалова

Начальник Нормативно-технического отдела

  
 Л.А. Краюшкина

г. Орел  
 2015

Изм. № 10945 от 12.03.2015





## ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Утверждаю:

Генеральный директор



2014 г

АКТ

производственных испытаний получения порошка пищевого свекловичного  
«Сахарные волокна»

Комиссия в составе гл. инженера Мазалова Е.В., начальника жомосушильного цеха Скобелева И.В., доцента кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета-УНПК Березиной Н.А., аспиранта кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета-УНПК Мазаловой Н.В. провели проверочные производственные испытания получения порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» на ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский».

Технологический процесс получения порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» осуществляли следующим образом. Свежий свекловичный жом прессуют на вертикальном жомовом прессе «Баббини» до содержания СВ 26-27 %. Прессованный жом подвергают обработке насыщенным паром с температурой 105-115°C в течение 30 минут, затем подвергали высушиванию в жомосушильном барабане при температуре 90 °С до содержания влажности 12-14 %.

Далее высушенную массу подвергают экстракции раствором уксусной кислоты 0,15-0,2 % при температуре 68-74°C в течение 20-30 минут в непрерывнодействующем шнековом экстракторе противоточного типа. Далее масса поступает в шнековый пресс марки «Баббини», где обезвоживается до СВ 25-30 %.

Отпрессованные волокна сушат в жомосушильном барабане при температуре 90 °С до содержания влажности 12-14 %. Высушенные волокна измельчают на молотковой дробилке DESI и просеивают на просеивателе «Пионер».

В результате проведенных испытаний был получен продукт порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» с показателями качества, приведенными в таблице 1.

Таблица 1


Наименование показателя	Содержание характеристики
Внешний вид	Порошкообразная, сыпучая масса
Вкус	Свойственный порошку, без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Запах	Свойственный порошку, не затхлый, не плесневый, без постороннего запаха
Цвет	От светло-серого до темно-серого
Массовая доля влаги, %	10,0
Активная кислотность, рН	5,0
Массовая доля клетчатки, %	65,0
Массовая доля сахарозы, %	4,0
Массовая доля золы, %	0,1
Массовая доля металломагнитной примеси размером отдельных частиц в наибольшем линейном измерении 0,3 мм и (или) массой не более 0,4 мг, %, не более	0,0003
Наличие минеральной примеси	Не ощущается хруста

Комиссией установлено, что в результате производственных испытаний выработки порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» получен продукт, соответствующий требованиям ТУ 9723-304-02069036.


Главный инженер ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский»

  
Е.В. Мазалов

Начальник жомосушильного цеха

  
И.В. Скобелев

Доцент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства»

  
Н.А. Березина

Аспирант кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства»  
Госунiversитета-УНПК

  
Н.В. Мазалова

Утверждаю:

Генеральный директор

ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский»

Паскельный В.Н.



2014 г

## АКТ

### производственных испытаний получения порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна»

Комиссия в составе гл. инженера Мазалова Е.В., начальника жомосушильного цеха Скобелева И.В., доцента кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета-УНПК Березиной Н.А., аспиранта Мазаловой Н.В. провели проверочные производственные испытания получения порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» на ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский».

Технологический процесс получения порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» осуществляли следующим образом. Сухой жом подвергают экстракции раствором уксусной кислоты 0,15-0,2 % при температуре 72-74 °С в течение 20-30 минут в непрерывнодействующем шнековом экстракторе противоточного типа. Далее масса поступает в шнековый пресс марки «Баббини», где обезвоживается до СВ 25-30 %.

Отпрессованные волокна сушат в жомосушильном барабане при температуре сушильного воздуха 180-190 °С до содержания влажности 10-14 %. Высушенные волокна измельчают на молотковой дробилке DESI и просеивают на просеивателе «Пионер». В результате проведенных испытаний были получены порошки пищевые свекловичные с содержанием пищевых волокон 65 %.

Комиссией установлено, получен продукт - порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна», соответствующий требованиям ТУ 9723-304-02069036.

Главный инженер ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский»

Е.В. Мазалов

Начальник жомосушильного цеха

И.В. Скобелев

Доцент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства»

Н.А. Березина

Аспирант кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства»  
Госуниверситета-УНПК

Н.В. Мазалова

Утверждаю генеральный директор

ООО «Звягинский крахмальный завод»

Косолитов Ю.С.

« \_\_\_\_\_ 2013 г

АКТ

производственных испытаний получения порошка пищевого свекловичного  
«Сахарные волокна» экструдированный

Комиссия в составе зам. ген. директора по производству Малый Г.Г., начальника цеха модифицированного крахмала Филонова А.А., доцента кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета-УНПК Березиной Н.А., аспиранта кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета-УНПК Мазаловой Н.В. провели проверочные производственные испытания получения порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированный на ООО «Звягинский крахмальный завод» (согласно ТУ и ТИ 9723-304-02069036)

Для проведения испытаний использовали порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» по ТУ 9723-304-02069036, крахмал кукурузный по ГОСТ Р 51985, воду питьевую, отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074, ГОСТ Р 51232.

Технологический процесс получения порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированный осуществляли следующим образом. В промежуточной емкости порошок свекловичный «Сахарные волокна» смешивали с кукурузным крахмалом (влажностью 9 - 13 %, в количестве 50 % от массы порошка свекловичного) и увлажняли водой до массовой доли влаги 20% - 25%. Экструзионную обработку осуществляли на промышленном экструдере ШТАК-80М при давлении 24-36 МПа,

температуре 170-190 °С. Дробление осуществляли на молотковой дробилке НУ-1.

В результате проведенных испытаний был получен продукт порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный с показателями качества, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Наименование показателя	Содержание характеристики
Внешний вид	Хлопьевидная, неоднородная масса
Вкус	Свойственный порошку, без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Запах	Свойственный порошку, не затхлый, не плесневый, без постороннего запаха
Цвет	От светло-серого до темно-серого
Массовая доля влаги, %	10
Активная кислотность, рН	5
Массовая доля пищевых волокон, %	35,0
Массовая доля сахарозы, %	3,2
Массовая доля золы, %, не более	0,1
Массовая доля металломагнитной примеси размером отдельных частиц в наибольшем линейном измерении 0,3 мм и (или) массой не более 0,4 мг, %, не более	0,0003
Наличие минеральной примеси	Не ощущается хруста

Комиссией установлено, что в результате производственных испытаний выработки порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированный получен продукт соответствующий требованиям ТУ 9723-304-02069036.

Зам. ген. директора по производству  
ООО «Звягинский крахмальный  
завод»

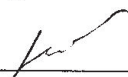
Начальник цеха модифицированного  
крахмала

Доцент кафедры «Технология  
хлебопекарного, кондитерского и  
макаронного производства»

Аспирант кафедры «Технология  
хлебопекарного, кондитерского и  
макаронного производства»

Госуниверситета-УНПК


  
Г.Г. Малый

  
А.А. Филонов

  
Н.А. Березина

  
Н.В. Мазалова



Утверждаю:  
 И.О директора  
 ООО «Колпнянский хлебозавод»  
 Чеботов И.С.   
 « 2 » сентября 2014 г

АКТ

выработки опытной партии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с использованием порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна»

Комиссия в составе гл. технолога Рыжих Г.И., начальника смены хлебобулочного цеха Ушаковой Т.И. доцента кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета-УНПК Березиной Н.А., аспиранта кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета-УНПК Мазаловой Н.В.. провели проверочные производственные испытания выработки опытной партии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с использованием порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна».

Для проведения испытаний использовали порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна по ТУ 9723-304-02069036, муку ржаную обдирную по ГОСТ Р 52809, муку пшеничную хлебопекарную первого сорта по ГОСТ Р 52189, воду питьевую, отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074, ГОСТ Р 51232, густую ржаную закваску.

1. Замес теста производили в тестомесильной машине А-2ХТБ 2Б в течение 20 минут. Разделку осуществляли вручную. Из дежи тесто выкладывали на разделочный стол, тестовые заготовки отвешивали на весах. Тестовым заготовкам придавали шарообразную форму. Сформованные заготовки теста укладывали в формы, предварительно смазанные растительным маслом, и помещали в расстойный шкаф П6-ХГМ. Расстойка осуществлялась при температуре 38-40С и относительной влажности воздуха 80-85%. Выпечка изделий осуществлялась в увлажненной пекарной камере в печи ПР-200Г при температуре 200-220 С.
2. Рецептура, показатели производственного процесса и качество готовых изделий представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование сырья и показателей технологического процесса	С использованием порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» ТУ 9723-304-02069036
Мука ржаная, г	10000
Мука пшеничная, г	8800
Закваска густая, г	5000





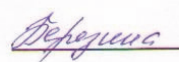
Мука в закваске, г	2500
Дрожжи прессованные, г	400
Соль, г	400
порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна»	1200
Вода, г	9100
Продолжительность брожения теста, мин	50
Конечная кислотность теста, град	7,0
Масса тестовой заготовки, г	660
Продолжительность расстойки, мин	55
Продолжительность выпечки, мин	50
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г	230
Пористость, %	70,0
Кислотность, град	7,5
Влажность мякиша, %	52,2
Объемный выход, %	235,4

Комиссией установлено, что в результате выработки опытной партии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с использованием порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна, выработанных согласно ТУ 9723-304-02069036 получены изделия с высокими физико-химическими и органолептическими показателями (более тонкостенная пористость, объем и гладкость корок).

Главный технолог ООО  
«Колпнянский хлебозавод»  
Начальник смены

Доцент кафедры «Технология  
хлебопекарного, кондитерского и  
макаронного производства»  
Аспирант кафедры «Технология  
хлебопекарного, кондитерского и  
макаронного производства»  
Госуниверситета-УНПК

  
Г.И. Рыжих  
  
Т.И. Ушакова

  
Н.А. Березина

  
Н.В. Мазалова

Утверждаю:

И.О директора

ООО «Колпнянский хлебозавод»

Чеботов И.С.

« 2 » декабря 2014 г

АКТ

выработки опытной партии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с использованием экструдированных пищевых волокон

Комиссия в составе гл. технолога Рыжих Г.И., начальника смены хлебобулочного цеха Ушаковой Т.И. доцента кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета-УНПК Березиной Н.А., аспиранта кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Госуниверситета-УНПК Мазаловой Н.В.. провели проверочные производственные испытания выработки опытной партии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с использованием экструдированных пищевых волокон из сахарной свеклы.

Для проведения испытаний использовали экструдированные пищевые волокна, полученные согласно пат. RU 2158522 A23L1/10, A23L1/29, A23P1/12, опубл. 10.11.2000, порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный по ТУ 9723-304-02069036, муку ржаную обдирную по ГОСТ Р 52809, муку пшеничную хлебопекарную первого сорта по ГОСТ Р 52189, воду питьевую, отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074, ГОСТ Р 51232, густую ржаную закваску.

Замес теста производили в тестомесильной машине А-2ХТ2Б в течение 20 минут. Разделку осуществляли вручную. Из дежи тесто выкладывали на разделочный стол, тестовые заготовки отвешивали на весах. Тестовым заготовкам придавали шарообразную форму. Сформованные заготовки теста укладывали в формы, предварительно смазанные растительным маслом, и помещали в расстойный шкаф П6-ХГМ. Расстойка осуществлялась при температуре 38-40С и относительной влажности воздуха 80-85%. Выпечка изделий осуществлялась в увлажненной пекарной камере в печи ПР-200Г при температуре 200-220 С.

Рецептура, показатели производственного процесса и качество готовых изделий представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование сырья и показателей технологического процесса	С использованием экструдированных пищевых волокон выработанных согласно	С использованием экструдированных пищевых волокон выработанных согласно ТУ 9723-



	пат. RU 2158522	304-02069036
Мука ржаная, г	10000	10000
Мука пшеничная, г	8800	8800
Закваска густая, г	5000	5000
Мука в закваске, г	2500	2500
Дрожжи прессованные, г	400	400
Соль, г	400	400
Экструдированные пищевые волокна, г	1200	1200
Вода, г	9000	9200
Продолжительность брожения теста, мин	60	60
Конечная кислотность теста, град	8	7,5
Масса тестовой заготовки, г	680	680
Продолжительность расстойки, мин	55	55
Продолжительность выпечки, мин	55	55
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г	195	242
Пористость, %	57,9	72,1
Кислотность, град	7,5	7,5
Влажность мякиша, %	48,4	50,3
Объемный выход, %	227,5	237,4

Комиссией установлено, что в результате выработки опытной партии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с использованием экструдированных пищевых волокон из сахарной свеклы, выработанных согласно ТУ 9723-304-02069036 получены изделия более высокими физико-химическими и органолептическими показателями (более тонкостенная пористость, объем и гладкость корок), чем изделий с добавлением экструдированных пищевых волокон выработанных согласно пат. RU 2158522.

Главный технолог ООО «Колпнянский хлебозавод»

Начальник смены

Доцент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства»

Аспирант кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства»

Госуниверситета-УНПК

Г.И. Рыжих

Т.И. Ушакова

Н.А. Березина

Н.В. Мазалова

## ПРИЛОЖЕНИЕ 12

**Решение о выдаче патента на способ получения экструдированных  
пищевых волокон**

Форма № 01 ИЗ-2

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(РОСПАТЕНТ)**

Бережковская наб., 30, корп. I, Москва, Г-59, ГСП-3, 125993. Телефон (8-499) 240-60-15. Факс (8-495) 531-63-18

На № от

Наш № 2014114700/13(023032)

*При переписке просим ссылаться на номер заявки и  
сообщить дату получения настоящей корреспонденции  
от 21.05.2015*

ФГБОУ ВПО "Государственный университет-УНПК"  
Наугорское ш., 29  
г.Орел  
302020

**РЕШЕНИЕ  
о выдаче патента на изобретение**

(21) Заявка № 2014114700/13(023032)

(22) Дата подачи заявки 14.04.2014

В результате экспертизы заявки на изобретение по существу установлено, что  
[X] заявленное изобретение  
[ ] заявленная группа изобретений  
относится к объектам патентных прав, соответствует условиям патентоспособности,  
сущность заявленного изобретения (изобретений) в документах заявки раскрыта  
полнотой, достаточной для осуществления изобретения (изобретений)\*, в связи с чем  
принято решение о выдаче патента на изобретение.

Заключение по результатам экспертизы прилагается.

Приложение: на 4 л. в 1 экз.

Врио руководителя

Кирий Л.Л.



\*Проверка достаточности раскрытия сущности заявленного изобретения проводится по заявкам на изобретения, поданным после 01.10.2014.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРТИЗЫ**

(21) Заявка № 2014114700/13(023032) (22) Дата подачи заявки 14.04.2014  
(24) Дата начала отсчета срока действия патента 14.04.2014

ПРИОРИТЕТ УСТАНОВЛЕН ПО ДАТЕ

(22) подачи заявки 14.04.2014

(72) Автор(ы) Березина Н.А., Мазалова Н.В., RU

(73) Патентообладатель(и) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Государственный университет-учебно-научно-производственный комплекс" (ФГБОУ ВПО "Госуниверситет-УНПК"), RU

(54) Название изобретения СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

(см. на обороте)

01	1	132702
----	---	--------

**ВНИМАНИЕ!** С целью исключения ошибок просьба проверить сведения, приведенные в заключении, т.к. они без изменения будут внесены в Государственный реестр изобретений Российской Федерации, и незамедлительно сообщить об обнаруженных ошибках.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 13

**Протоколы лабораторных исследований по показателям безопасности  
порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» и порошка  
пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного**

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека  
ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области"

АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР

Юридический адрес:  
302001, г.Орел, ул. Карачевская д. 56А  
Телефон, факс: 77-07-27  
Фактический адрес лаборатории:

Аттестат аккредитации  
№ РОСС RU.0001.510108  
Дата окончания действия: 28.02.2019г.  
Регистрационный номер  
записи: 1106453127145

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 2 А  
Телефон: 41-66-85  
ОКПО 75663847, ОГРН 10557552020610  
ИНН/КПП 5752036348/575201001

**ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**  
*№ 400 от 06.10.2014*

**Наименование пробы (образца):**

Порошок свекловичный (дата изготовления: май 2014 года)

**Код пробы (образца):** 02.14.07.2.1.08

**Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель или физическое лицо, у которого отбирались пробы (образцы):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Объект, где производился отбор пробы (образца):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Цель отбора:**

Проведение лабораторных исследований

**Основание для отбора:**

Договор

№ 6229 от 25.09.2014

**Изготовитель:**

ЗАО "Сахарный комбинат "Колпнянский"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Заводская, 1

**Дата и время отбора пробы (образца):**

25.09.2014 12 ч. 00 мин.

**Дата и время доставки пробы (образца):**

25.09.2014 14 ч. 00 мин.

**Дата изготовления:**

**Объем партии:**

Опытная партия

**Количество (объем) для испытаний:**

1 кг

**Тара, упаковка:**

Полиэтиленовый пакет

**НД на методику отбора:**

ГОСТ 12569-99

**НД на соответствие**

ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции"

**действующих нормативов :**

п. 1.6

**Условия транспортировки:**

Автотранспорт

**Дополнительные сведения:**

Проба доставлена в печатанном виде

**Сотрудник, отобравший пробу:**

Аспирант кафедры "Юс" университета - УНПК" Мазалова Н.В., пробу направила помощник санитарного

врача Сорокина В.И.

**Руководитель ИЛЦ:**

Старых А.И.

М.П.

1. Результаты исследований распространяются на представленную пробу

Настоящий документ не может быть частично или полностью воспроизведен (скопирован или перепечатан) без разрешения на то  
2. аккредитованного испытательного лабораторного центра



к протоколу № 400 от 06.10.2014

**Наименование пробы (образца):**

Порошок свекловичный (дата изготовления: май 2014 года)

**Дата и время отбора пробы (образца):**

25.09.2014 12 ч. 00 мин.

**Дата и время доставки пробы (образца):**

25.09.2014 14 ч. 00 мин.

**Дата изготовления:****Объем партии:**

Опытная партия

**Количество (объем) для испытаний:**

1 кг

**Тара, упаковка:**

Полиэтиленовый пакет

**НД на методику отбора:**

ГОСТ 12569-99

**Дополнительные сведения:**

Проба доставлена в опечатанном виде

Код образца (пробы): 02.14.07.2.1.08

Санитарно-гигиеническая лаборатория					
№ п/п	Определяемые показатели	Результаты исследований	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы исследований
1	Свинец	0,044 ± 0,027	не более 0,5	мг/кг	ГОСТ 30178-96
2	Кадмий	0,025 ± 0,014	не более 0,03	мг/кг	ГОСТ 30178-96
3	Мышьяк	менее 0,08	не более 0,2	мг/кг	ГОСТ 26930-86
4	Ртуть	менее 0,002	не более 0,02	мг/кг	МУ 5178-90
5	Нитраты (по NO <sub>3</sub> )	менее 30	не более 1400	мг/кг	ГОСТ 29270-95
6	Гексахлорциклогексан (альфа,бета,гамма-изомеры)	менее 0,0003	не более 0,1	мг/кг	ГОСТ 30349-96
7	ДДТ и его метаболиты	менее 0,001	не более 0,1	мг/кг	ГОСТ 30349-96

Исследования проводили:

Должность, Ф.И.О.

Биолог Рубцова И.А.

Инженер Александрова М.В.

Ф.И.О. заведующего лабораторией

Бабенко Светлана Васильевна

Подпись

Подпись

Подпись

**Заключение**

по гигиенической оценке результатов лабораторных исследований.

Исследованная проба соответствует требованиям п. 6 приложения 3 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (п. 2.5 ТУ «Порошки пищевые свекловичные «Сахарные волокна»») по исследованным показателям безопасности.

Врач-эксперт

Черников С.А.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека  
ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области"

**АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР**

Юридический адрес:  
302001, г.Орел, ул. Карачевская д. 56А  
Телефон, факс: 77-07-27  
Фактический адрес лаборатории:

Аттестат аккредитации  
№ РОСС RU.0001.510108  
Дата окончания действия: 28.02.2019г.  
Регистрационный номер  
1106453127145  
записи:

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 2 А  
Телефон: 41-66-85  
ОКПО 75663847, ОГРН 10557552020610  
ИНН/КПП 5752036348/575201001

**ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**  
*№ 401 от 06.10.2014*

**Наименование пробы (образца):**

Порошок свекловичный экструдированный (дата изготовления: май 2014 года)

**Код пробы (образца):** 02.14.07.2.2.08

**Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель или физическое лицо, у которого отбирались пробы (образцы):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Объект, где производился отбор пробы (образца):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Цель отбора:**

Проведение лабораторных исследований

**Основание для отбора:**

Договор

№ 6229 от 25.09.2014

**Изготовитель:**

ЗАО "Сахарный комбинат "Колпнянский"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Заводская, 1

**Дата и время отбора пробы (образца):**

25.09.2014 12 ч. 00 мин.

**Дата и время доставки пробы (образца):**

25.09.2014 14 ч. 00 мин.

**Дата изготовления:**

**Объем партии:**

Опытная партия

**Количество (объем) для испытаний:**

1 кг

**Тара, упаковка:**

Полиэтиленовый пакет

**НД на методику отбора:**

ГОСТ 12569-99

**НД на соответствие**

ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции"

**действующих нормативов :**

п. 1.6

**Условия транспортировки:**

Автотранспорт

**Дополнительные сведения:**

Проба доставлена в опечатанном виде

**Сотрудник, отобравший пробу:**

Аспирант кафедры "Госуниверситет - УНИК" Мазалова Н.В., пробу направила помощник санитарного врача Сорокина В.И.

**Руководитель ИЛЦ:**

Старых А.И.

1. Результаты исследований распространяются на представленную пробу  
Настоящий документ не может быть частично или полностью воспроизведен (скопирован или перепечатан) без разрешения на то  
2. аккредитованного испытательного лабораторного центра



к протоколу № 401 от 06.10.2014

**Наименование пробы (образца):**

Порошок свекловичный экструдированный (дата изготовления: май 2014 года)

**Дата и время отбора пробы (образца):** 25.09.2014 12 ч. 00 мин.**Дата и время доставки пробы (образца):** 25.09.2014 14 ч. 00 мин.**Дата изготовления:****Объем партии:** Опытная партия**Количество (объем) для испытаний:** 1 кг**Тара, упаковка:** Полиэтиленовый пакет**НД на методику отбора:** ГОСТ 12569-99**Дополнительные сведения:** Проба доставлена в опечатанном виде

Код образца (пробы): 02.14.07.2.2.08

Санитарно-гигиеническая лаборатория					
№ п/п	Определяемые показатели	Результаты исследований	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы исследований
1	Свинец	0,084 ± 0,046	не более 0,5	мг/кг	ГОСТ 30178-96
2	Кадмий	0,026 ± 0,014	не более 0,03	мг/кг	ГОСТ 30178-96
3	Мышьяк	менее 0,08	не более 0,2	мг/кг	ГОСТ 26930-86
4	Ртуть	менее 0,002	не более 0,02	мг/кг	МУ 5178-90
5	Нитраты (по NO <sub>3</sub> )	менее 30	не более 1400	мг/кг	ГОСТ 29270-95
6	Гексахлорциклогексан (альфа, бета, гамма-изомеры)	менее 0,0003	не более 0,1	мг/кг	ГОСТ 30349-96
7	ДДТ и его метаболиты	менее 0,001	не более 0,1	мг/кг	ГОСТ 30349-96

Исследования проводили:

Должность, Ф.И.О.

Биолог Рубцова И.А.

Инженер Александрова М.В.

Ф.И.О. заведующего лабораторией

Бабенко Светлана Васильевна

Подпись



Подпись

**Заключение**

по гигиенической оценке результатов лабораторных исследований.

Исследованная проба соответствует требованиям п. 6 приложения 3 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (п. 2.5 ТУ «Порошки пищевые свекловичные «Сахарные волокна»») по исследованным показателям безопасности.

Врач-эксперт



Черников С.А.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека  
ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области"

**АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР**

Юридический адрес:  
302001, г.Орел, ул. Карачевская д. 56А  
Телефон, факс: 77-07-27  
Фактический адрес:

Аттестат аккредитации  
№ РОСС RU.0001.510108  
Дата окончания действия: 28.02.2019г.  
Регистрационный номер  
записи: 1106453127145

302028, г. Орел, ул. Карачевская, д. 56 А  
Телефон: 77-07-20  
ОКПО 75663847, ОГРН 10557552020610  
ИНН/КПП 5752036348/575201001

**ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*№ 541 от 03.10.2014*

**Наименование пробы (образца):**

Порошок свекловичный (дата изготовления: май 2014 года)

**Код пробы (образца):** 03.14.07.2.1.08

**Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель или физическое лицо, у которого отбирались пробы (образцы):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Объект, где производился отбор пробы (образца):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Цель отбора:**

Проведение лабораторных исследований

**Основание для отбора:**

Договор

№ 6229 от 25.09.2014

**Изготовитель:**

ЗАО "Сахарный комбинат "Колпнянский"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Заводская, 1

**Дата и время отбора пробы (образца):**

25.09.2014 12 ч. 00 мин.

**Дата и время доставки пробы (образца):**

25.09.2014 14 ч. 00 мин.

**Дата изготовления:**

**Объем партии:**

Опытная партия

**Количество (объем) для испытаний:**

1 кг

**Тара, упаковка:**

Полиэтиленовый пакет

**НД на методику отбора:**

МУК 2.6.1.1194-03

**НД на объем лабораторных исследований и их оценку:**

ТР ТС 021/2011 "Технический регламент Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции"  
(Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880)"

**Условия транспортировки:**

Автотранспорт

**Дополнительные сведения:**

Проба доставлена в опечатанном виде

**Сотрудник, отобравший пробу:**

Аспирант кафедры "Государственный университет УПК" Мазалова Н.В., пробу направила помощник санитарного врача Сорокина В.И.

**Руководитель ИЛЦ:**

Старых А.И.

1. Результаты исследований распространяются на представленную пробу

Настоящий документ не может быть частично или полностью воспроизведен (скопирован или перепечатан) без разрешения на то аккредитованного испытательного лабораторного центра



к протоколу № 541 от 03.10.2014

Код образца (пробы): 03.14.07.2.1.08

Лаборатория радиационных факторов					
№ п/п	Определяемые показатели	Результаты исследований/ погрешность	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы исследования
1	Цезий-137	менее 3,089	80	Бк/кг	МВИ 40090.3Н700 от 22.12.2003г.
2	Стронций-90	менее 2,62	40	Бк/кг	МВИ 40090.4Г006 от 29.03.2004г.

Средства измерений, сведения о государственной поверке

№ п/п	Наименование, тип средства	Заводской номер	Сведения о государственной поверке	Действителен до
1	Спектрометрический комплекс "Прогресс"	0875	626/16	18.07.2015

Исследования проводили:

Должность, Ф.И.О.  
Химик-эксперт Кислякова И.С.

Подпись


**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

Содержание радионуклидов в пробе не превышает допустимые уровни, установленные ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции" (приложение 4), утв. решением Комиссии Таможенного союза № 880 от 9.11.2011г.

Врач-эксперт



Милованов С.Н.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека  
ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области"

**АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР**

Юридический адрес:  
302001, г.Орел, ул. Карачевская д. 56А  
Телефон, факс: 77-07-27  
Фактический адрес:

Аттестат аккредитации  
№ РОСС RU.0001.510108  
Дата окончания действия: 28.02.2019г.  
Регистрационный номер  
записи: 1106453127145

302028, г. Орел, ул. Карачевская, д. 56 А  
Телефон: 77-07-20  
ОКПО 75663847, ОГРН 10557552020610  
ИНН/КПП 5752036348/575201001

**ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*№ 542 от 03.10.2014*

**Наименование пробы (образца):**

Порошок свекловичный экструдированный (дата изготовления: май 2014 года)

**Код пробы (образца):** 03.14.07.2.2.08

**Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель или физическое лицо, у которого отбиралась проба (образцы):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Объект, где производился отбор пробы (образца):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Цель отбора:**

Проведение лабораторных исследований

**Основание для отбора:**

Договор

№ 6229 от 25.09.2014

**Изготовитель:**

ЗАО "Сахарный комбинат "Колпнянский"  
Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Заводская, 1

**Дата и время отбора пробы (образца):**

25.09.2014 12 ч. 00 мин.

**Дата и время доставки пробы (образца):**

25.09.2014 14 ч. 00 мин.

**Дата изготовления:**

**Объем партии:**

Опытная партия

**Количество (объем) для испытаний:**

1 кг

**Тара, упаковка:**

Полиэтиленовый пакет

**НД на методику отбора:**

МУК 2.6.1.1194-03

**НД на объем лабораторных исследований и их оценку:**

ТР ТС 021/2011 "Технический регламент Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции"  
(Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880)"

**Условия транспортировки:**

Автотранспорт

**Дополнительные сведения:**

Проба доставлена в опечатанном виде

**Сотрудник, отобравший пробу:**

Аспирант кафедры "Государственный ФНПК" Мазалова Н.В., пробу направила помощник санитарного  
врача Сорокина В.И.

**Руководитель ИЛЦ:**

Старых А.И.

1. Результаты исследований распространяются на представленную пробу

Настоящий документ не может быть машинописно полностью воспроизведен (скопирован или перепечатан) без разрешения на то  
2. аккредитованного испытательного лабораторного центра



Лаборатория радиационных факторов					Код образца (пробы): 03.14.07.2.2.08
№ п/п	Определяемые показатели	Результаты исследований/ погрешность	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы исследования
1	Цезий-137	менее 3,106	80	Бк/кг	МВИ 40090.3Н700 от 22.12.2003г.
2	Стронций-90	менее 2,64	40	Бк/кг	МВИ 40090.4Г006 от 29.03.2004г.

Средства измерений, сведения о государственной поверке

№ п/п	Наименование, тип средства	Заводской номер	Сведения о государственной поверке	Действителен до
1	Спектрометрический комплекс "Прогресс"	0875	626/16	18.07.2015

Исследования проводили:

Должность, Ф.И.О.  
Химик-эксперт Кислякова И.С.

Подпись



#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Содержание радионуклидов в пробе не превышает допустимые уровни, установленные ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции" (приложение 4), утв. решением Комиссии Таможенного союза № 880 от 9.11.2011г.

Врач-эксперт



Милованов С.Н.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека  
ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области"

**АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР**

Юридический адрес:  
302001, г. Орел, ул. Карачевская д. 56А  
Телефон, факс: 77-07-27  
Фактический адрес:  
302028, г. Орел, ул. Карачевская, д. 56 А  
Телефон: 77-07-20  
ОКПО 75663847, ОГРН 10557552020610  
ИНН/КПП 5752036348/575201001

Аттестат аккредитации  
№ РОСС RU.0001.510108  
Дата окончания действия: 28.02.2019г.  
Регистрационный номер записи: 1106453127145

**ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*№ 242 от 30.09.2014*

**Наименование пробы (образца):**

Порошок свекловичный экструдированный (дата изготовления: май 2014 года)

**Код пробы (образца):** 04.14.07.2.2.08

**Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель или физическое лицо, у которого отбирались пробы (образцы):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п. Колпна, ул. Чкалова, 27

**Объект, где производился отбор пробы (образца):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
Орловская область, Колпнянский район, п. Колпна, ул. Чкалова, 27

**Цель отбора:**

Проведение лабораторных исследований

**Основание для отбора:**

Договор

№ 6229 от 25.09.2014

**Изготовитель:**

ЗАО "Сахарный комбинат "Колпнянский"  
Орловская область, Колпнянский район, п. Колпна, ул. Заводская, 1

**Дата и время отбора пробы (образца):**

25.09.2014 12 ч. 00 мин.

**Дата и время доставки пробы (образца):**

25.09.2014 14 ч. 00 мин.

**Дата изготовления:**

**Объем партии:**

Опытная партия

**Количество (объем) для испытаний:**

200г

**Тара, упаковка:**

Полиэтиленовый пакет

**НД на методику отбора:**

ГОСТ Р 54004-10

**НД на соответствие**

ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции"

**действующих нормативов :**

**Условия транспортировки:**

Автотранспорт, термоконтейнер

**Дополнительные сведения:**

Проба доставлена в печатанном виде

**Сотрудник, отобравший пробу:**

Аспирант кафедры "Государственный УНИК" Мазалова Н.В., пробу направила помощник санитарного врача Сорочкина В.И.

**Руководитель ИЛЦ:**

Старых А.И.

1. Результаты исследований распространяются на представленную пробу

Настоящий документ не может быть частично или полностью воспроизведен (скопирован или перепечатан) без разрешения на то  
2. аккредитованного испытательного лабораторного центра

к протоколу № 242 от 30.09.2014

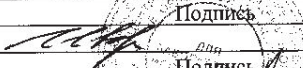

**Наименование пробы (образца):**

Порошок свекловичный экструдированный (дата изготовления: май 2014 года)

**Дата и время отбора пробы (образца):** 25.09.2014 12 ч. 00 мин.**Дата и время доставки пробы (образца):** 25.09.2014 14 ч. 00 мин.**Дата изготовления:****Объем партии:** Опытная партия**Количество (объем) для испытаний:** 200г**Тара, упаковка:** Полиэтиленовый пакет**НД на методику отбора:** ГОСТ Р 54004-10**Условия транспортировки:** Автотранспорт, термоконтейнер**Дополнительные сведения:**

Проба доставлена в печатанном виде

Код образца (пробы): 04.14.07.2.2.08

Микробиологическая лаборатория					
№ п/п	Определяемые показатели	Результаты исследований	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы исследований
1	V.Cereus	800	не более 1000	КОЕ/г	ГОСТ 10444.8-88
2	БГКП (колиформы)	Не обнаружено	не допускается	в 0,01 г	ГОСТ Р 52816-2007
3	КМАФАнМ	10000	не более 500000	КОЕ/г	ГОСТ 10444.15-94
4	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	Не обнаружено	не допускается	в 25 г	ГОСТ Р 52814-2007
5	Плесени	80	не более 500	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88
Исследования проводили:					
Должность, Ф.И.О.			Подпись		
Врач-бактериолог Щербина Е.И.					
Ф.И.О. заведующего лабораторией			Подпись		
Махова Татьяна Васильевна					

**Заключение**

по гигиенической оценке результатов лабораторных исследований.

Исследованная проба соответствует требованиям приложения I, приложения II, п. 1.5 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (п. 2.6 ТУ «Порошки пищевые свекловичные «Сахарные волокна»») по исследованным микробиологическим показателям.

Врач-эксперт



Черников С.А.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека  
**ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области"**

**АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР**

Юридический адрес:  
 302001, г.Орел, ул. Карачевская д. 56А  
 Телефон, факс: 77-07-27  
 Фактический адрес:  
 302028, г. Орел, ул. Карачевская, д. 56 А  
 Телефон: 77-07-20  
 ОКПО 75663847, ОГРН 10557552020610  
 ИНН/КПП 5752036348/575201001

Аттестат аккредитации  
 № РОСС RU.0001.510108  
 Дата окончания действия: 28.02.2019г.  
 Регистрационный номер записи: 1106453127145

**ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*№ 241 от 30.09.2014*

**Наименование пробы (образца):**

Порошок свекловичный (дата изготовления: май 2014 года)

**Код пробы (образца):** 04.14.07.2.1.08

**Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель или физическое лицо, у которого отбирались пробы (образцы):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
 Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Объект, где производился отбор пробы (образца):**

Общество с ограниченной ответственностью "Колпнянский хлебозавод"  
 Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Чкалова, 27

**Цель отбора:**

Проведение лабораторных исследований

**Основание для отбора:**

Договор

№ 6229 от 25.09.2014

**Изготовитель:**

ЗАО "Сахарный комбинат "Колпнянский"  
 Орловская область, Колпнянский район, п.Колпна, ул.Заводская, 1

**Дата и время отбора пробы (образца):**

25.09.2014 12 ч. 00 мин.

**Дата и время доставки пробы (образца):**

25.09.2014 14 ч. 00 мин.

**Дата изготовления:**

**Объем партии:**

Опытная партия

**Количество (объем) для испытаний:**

200г

**Тара, упаковка:**

Полиэтиленовый пакет

**НД на методику отбора:**

ГОСТ Р 54004-10

**НД на соответствие**

ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой

**действующих нормативов :**

продукции"

**Условия транспортировки:**

Автотранспорт, термоконтейнер

**Дополнительные сведения:**

Проба доставлена в опечатанном виде

**Сотрудник, отобравший пробу:**

Аспирант кафедры "Госуниверситет - УНПК" Мазалова Н.В., пробу направила помощник

**санитарного врача Сорокина В.И.**

**Руководитель ИЛЦ:**

Старых А.И.

М.П.

1. Результаты исследований распространяются на представленную пробу

Настоящий документ не может быть частично или полностью воспроизведен (скопирован или перепечатан) без разрешения на то  
 2. аккредитованного испытательного лабораторного центра





к протоколу № 241 от 30.09.2014

**Наименование пробы (образца):**  
 Порошок свекловичный (дата изготовления: май 2014 года)  
**Дата и время отбора пробы (образца):** 25.09.2014 12 ч. 00 мин.  
**Дата и время доставки пробы (образца):** 25.09.2014 14 ч. 00 мин.  
**Дата изготовления:**  
**Объем партии:** Опытная партия  
**Количество (объем) для испытаний:** 200г  
**Тара, упаковка:** Полиэтиленовый пакет  
**НД на методику отбора:** ГОСТ Р 54004-10  
**Условия транспортировки:** Автотранспорт, термоконтейнер  
**Дополнительные сведения:** Проба доставлена в опечатанном виде

Код образца (пробы): 04.14.07.2.1.08

Микробиологическая лаборатория					
№ п/п	Определяемые показатели	Результаты исследований	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы исследований
1	V.Cereus	250	не более 1000	КОЕ/г	ГОСТ 10444.8-88
2	БГКП (колиформы)	Не обнаружено	не допускается	в 0,01 г	ГОСТ Р 52816-2007
3	КМАФАнМ	15000	не более 500000	КОЕ/г	ГОСТ 10444.15-94
4	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	Не обнаружено	не допускается	в 25 г	ГОСТ Р 52814-2007
5	Плесени	30	не более 500	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88

Исследования проводили:

Должность, Ф.И.О.	Подпись
Врач-бактериолог Щербина Е.И.	
Ф.И.О. заведующего лабораторией	Подпись
Махова Татьяна Васильевна	

## Заключение

по гигиенической оценке результатов лабораторных исследований.

Исследованная проба соответствует требованиям приложения I, приложения II, п. 1.5 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (п. 2.6 ТУ «Порошки пищевые свекловичные «Сахарные волокна»») по исследованным микробиологическим показателям.

Врач-эксперт



Черников С.А.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 14

**Аминокислотный состав порошка пищевого свекловичного «Сахарные  
волокна» и порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна»  
экструдированного**

Страница 1 из 2

**Испытательный лабораторный центр АНО «НПЦ "Комбикорм"**

Адрес: 394026 г. Воронеж,  
пр. Труда, 91  
тел/факс: (473) 246-34-06  
e-mail: ano\_npc@mail.ru

Аттестат аккредитации  
№ РОСС RU.0001.21ПФ37  
до 20 апреля 2016 г.

**ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ**

№ 0614

«10» 04 2015 г.

- № 1 – порошка сахаросодержащего из картофеля ТУ 9166-293-02069036-2012,  
№ 2 – порошка сахаросодержащего из картофеля с добавлением пшеничной муки ТУ 9166-293-02069036-2012,  
№ 3 – порошка сахаросодержащего из картофеля с добавлением ржаной муки ТУ 9166-293-02069036-2012,  
№ 4 – порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» экструдированного ТУ 9723-304-02069036-2014  
№ 5 – порошка пищевого свекловичного «Сахарные волокна» ТУ 9723-304-02069036-2014

1. Заявитель: Березина Наталья Александровна
2. Изготовитель: \_\_\_\_\_
3. Акт отбора проб (№, дата, размер партии, дата выработки): \_\_\_\_\_
4. Дата получения проб и окончания испытаний: 30.03.15 г. – 10.04.15 г.
5. Описание пробы для испытаний: пробы поступили в опечатанном виде (5 образцов по 1,0кг)
6. Результаты испытаний: \_\_\_\_\_

Наименование показателей, единицы измерения	Значение показателей					ИД, на соответствие которому проводятся испытания	ИД на методы испытания
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5		
Аминокислоты, %							ГОСТ 32195
аргинин	1,16	1,14	0,52	0,23	3,49		
лизин	0,27	0,21	0,22	0,19	0,20		
тирозин	0,29	0,25	0,21	0,18	0,18		
фенилаланин	0,38	0,50	0,39	0,15	0,19		
гистидин	0,14	0,13	0,13	0,25	0,15		
лейцин	0,43	0,67	0,48	0,14	0,26		
изолейцин	0,27	0,28	0,22	0,10	0,15		

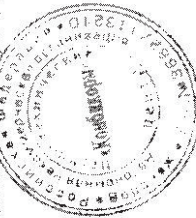
Наименование показателей, единицы измерения	НД, на соответствие которому проводятся испытания	Значение показателей					НД на методы испытания
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	
метионин		0,20	0,15	0,15	0,21	0,09	
валин		0,40	0,39	0,34	0,17	0,21	
пролин		0,31	1,18	0,84	0,26	0,26	
треонин		0,44	0,41	0,40	0,28	0,25	
серин		0,31	0,56	0,44	0,34	0,30	
аланин		0,32	0,34	0,38	0,27	0,25	
глицин		0,27	0,38	0,34	0,20	0,20	
цистин		0,09	0,12	0,09	0,04	0,05	
глутаминовая кислота		1,74	4,22	2,57	0,42	0,43	
аспарагиновая кислота		1,96	1,17	1,17	0,34	0,35	

Протокол касается только образцов, подвергнутых испытанию

Руководитель ИЛЦ

Н.Ю. Михайлова

Перепечатка без разрешения испытательной лаборатории (центра) запрещен



## ПРИЛОЖЕНИЕ 15

## Протоколы медико-биологических исследований

Орловский Государственный Аграрный Университет  
 Инновационный научно-исследовательский испытательный центр  
 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69.  
 Аттестат аккредитации  
 № РОСС.RU. 0001.21ПЦ26 от 6 июня 2011 г.

Протокол исследований  
 № 187 от 12 марта 2015 г.

1. Наименование заказчика: Березина Н.А.
2. Объекты исследований: аутбредные мыши чистопородного скрещивания (Линия/сток CD – 1) 10 особей, длительность кормления – 15 суток обычный рацион

## Копрологические исследования животных 1-ой группы

Показатель	Значение показателя		
	1-ый день	7-ой день	15-ый день
Общий вид кала	Плотная консистенция, коричневого цвета, без резкого запаха		
Лактобактерии, КОЕ/г кала	$1,2 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$
Кишечная палочка, КОЕ/г кала	$1,4 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^6$
Дрожжеподобные грибы, КОЕ/г кала	$1,3 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$

Погрешности измерений не превышают указанных в НД на методы испытаний.

Протокол распространяется только на образцы подвергнутые испытаниям. Полная или частичная перепечатка протокола без разрешения центра не разрешается. Общее количество страниц 1.

**Заключение.**

Копрограмма соответствует статусу здорового животного

Дата проведения испытаний: 10 декабря 2014 г – 11 марта 2015 г.

Директор ИНИИЦ



Ковалева О.А.

Ответственные исполнители

Яркина М.В.

Комарова Ю.В.

Орловский Государственный Аграрный Университет  
 Инновационный научно-исследовательский испытательный центр  
 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69.  
 Аттестат аккредитации  
 № РОСС.RU. 0001.21ПЦ26 от 6 июня 2011 г.

**Протокол исследований  
 № 188 от 12 марта 2015 г.**

1. Наименование образца – **Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный. ТУ 9112-304-02069036**
2. Наименование заказчика: Березина Н.А.
3. Сведения по акту отбора: проба отобрана и доставлена заказчиком 10.12.2014 г.
4. Масса пробы: 2 кг.
5. Объекты исследований: аутбредные мыши чистопородного скрещивания (Линия/сток CD – 1) 10 особей, длительность кормления – 15 суток

Копрологические исследования животных 2-ой группы

Показатель	Значение показателя		
	1-ый день	7-ой день	15-ый день
Общий вид кала	Плотная консистенция, коричневого цвета, без резкого запаха		
Лактобактерии, КОЕ/г кала	$1,3 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$
Кишечная палочка, КОЕ/г кала	$1,2 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$
Дрожжеподобные грибы, КОЕ/г кала	$1,1 \cdot 10^2$	$1,3 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$

**Погрешности измерений не превышают указанных в НД на методы испытаний.**

Протокол распространяется только на образцы подвергнутые испытаниям. Полная или частичная перепечатка протокола без разрешения центра не разрешается. Общее количество страниц 1.

**Заключение.**

Копрограмма соответствует статусу здорового животного

Дата получения образца: 10 декабря 2014 г.

Дата проведения испытаний: 10 декабря 2014 г – 11 марта 2015 г.

Директор ИНИИЦ

Ковалева О.А.

Ответственные исполнители

Яркина М.В.

Комарова Ю.В.



Орловский Государственный Аграрный Университет  
 Инновационный научно-исследовательский испытательный центр  
 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69.  
 Аттестат аккредитации  
 № РОСС.RU.0001.21ПЦ26 от 6 июня 2011 г.

**Протокол исследований  
 № 189 от 12 марта 2015 г.**

1. Наименование образца – **Отруби пшеничные. Технические условия по ГОСТ 7169-66.**
2. Наименование заказчика: Березина Н.А.
3. Сведения по акту отбора: проба отобрана и доставлена заказчиком 10.12.2014 г.
4. Масса пробы: 2 кг.
5. Объекты исследований: аутбредные мыши чистопородного скрещивания (Линия/сток CD – 1) 10 особей, длительность кормления – 15 суток

Копрологические исследования животных 3-й группы

Показатель	Значение показателя		
	1-ый день	7-ой день	15-ый день
Общий вид кала	Плотная консистенция, коричневого цвета, без резкого запаха		
Лактобактерии, КОЕ/г кала	1,4*10 <sup>6</sup>	1,3*10 <sup>6</sup>	1,6*10 <sup>6</sup>
Кишечная палочка, КОЕ/г кала	1,5*10 <sup>6</sup>	1,7*10 <sup>6</sup>	1,8*10 <sup>6</sup>
Дрожжеподобные грибы, КОЕ/г кала	1,3*10 <sup>2</sup>	1,4*10 <sup>2</sup>	1,6*10 <sup>2</sup>

**Погрешности измерений не превышают указанных в НД на методы испытаний.**

Протокол распространяется только на образцы подвергнутые испытаниям. Полная или частичная перепечатка протокола без разрешения центра не разрешается. Общее количество страниц 1.

**Заключение.**

Копрограмма соответствует статусу здорового животного

Дата получения образца: 10 декабря 2014 г.

Дата проведения испытаний: 10 декабря 2014 г. – 11 марта 2015 г.

Директор ИНИИЦ

Ответственные исполнители



Ковалева О.А.

Яркина М.В.

Комарова Ю.В.

Орловский Государственный Аграрный Университет  
 Инновационный научно-исследовательский испытательный центр  
 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69.  
 Аттестат аккредитации  
 № РОСС.RU. 0001.21ПЦ26 от 6 июня 2011 г.

**Протокол исследований**  
 № 186 от 12 марта 2015 г.

1. Наименование заказчика: Березина Н.А.
2. Сведения по акту отбора: пробы отобраны и доставлены заказчиком 10.12.2014 г.
3. Масса пробы: по 2 кг.
4. Объекты исследований: аутбредные мыши чистопородного скрещивания (Линия/сток CD – 1) 10 особей, длительность кормления – 15 суток
  - 1-ая группа – контрольная;
  - 2-ая группа – опытная животным в рацион включали порошок пищевой свекловичный;
  - 3-я группа – опытная животным в рацион включали отруби пшеничные.
 Опытным группам животным в рацион пробы отобранные заказчиком в количестве  $32 \cdot 10^{-3}$  г на 1 г живого веса мыши.

Данные биохимического и гематологического анализа крови подопытных животных:

№ п/п	Значение показателя				
	Общий белок, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Холестерин, ммоль/л	Гемоглобин, г/л	
1-ая группа	1	51	4,8	3,5	110
	2	53	4,8	3,6	115
	3	55	5,1	3,7	112
	4	54	4,9	3,8	114
2-ая группа	1	53	5,2	3,8	139
	2	54	5,0	3,8	138
	3	56	4,9	3,9	133
	4	57	5,4	4,0	137
3-я группа	1	50	4,8	3,8	131
	2	54	4,7	3,9	134
	3	56	4,9	3,8	131
	4	55	5,3	4,1	127

**Погрешности измерений не превышают указанных в НД на методы испытаний.**

Протокол распространяется только на образцы подвергнутые испытаниям. Полная или частичная перепечатка протокола без разрешения центра не разрешается. Общее количество страниц 1.

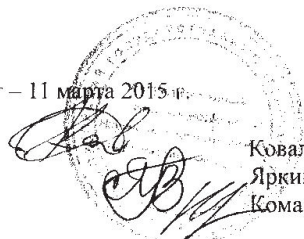
**Заключение.**

Данные биохимических и гематологических показателей крови животных 1,2 и 3 групп соответствуют физиологическим нормам

Дата получения образца: 10 декабря 2014 г.

Дата проведения испытаний: 10 декабря 2014 г – 11 марта 2015 г.

Директор ИНИИЦ  
 Ответственные исполнители

  
 Ковалева О.А.  
 Яркина М.В.  
 Комарова Ю.В.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 16

## Рецептуры образцов теста

## Контрольные образцы теста

Наименование сырья и параметров процесса	Ржаная мука	Пшеничная мука	Рж:пш 20:80	Рж:пш 30:70	Рж:пш 50:50	Рж:пш 70:30
Мука ржаная обд.	250	-	45	67	115	155
Мука пшен. I сорта	-	300	240	210	150	90
ППСЭ	-	-	-	-	-	-
Закваска густая	100	-	30	46	70	110
<i>Мука в закваске на тесто</i>	<i>50</i>	<i>-</i>	<i>15</i>	<i>23</i>	<i>35</i>	<i>55</i>
Вода	186	149	215	212	205	190
Дрожжи	3	7,5	7	6	5	3
Соль	6	6	6	6	6	6
Влажность теста после замеса, %	48,2	44,3	45,7	48,0	49,8	49,0
Начальная кислотность, град	6,6	3,6	4,2	4,4	4,6	4,8
Кон. кислотность теста, град	7,2	4,4	5,0	5,0	6,0	6,4
Продолжительность брожения, мин	120	120	120	120	120	120
Продолжительность расстойки, мин	45	45	45	45	45	45















## Предельное напряжение сдвига теста с пищевыми волокнами ППС

Наименование муки и смесей для приготовления теста	Предельное напряжение сдвига, кг/м <sup>2</sup> ·10 <sup>-6</sup>		
	через 0 минут брожения	через 60 минут брожения	120 минут брожения
Ржаная мука	162	150	140
Смесь ржаной муки и ППС 95:5	167	160	142
Смесь ржаной муки и ППС 90:10	166	160	148
Смесь ржаной муки и ППС 85:15	160	154	149
Смесь ржаной муки и ППС 80:20	167	159	147
Пшеничная мука	305	285	200
Смесь пшеничной муки и ППС 95:5	307	295	205
Смесь пшеничной муки и ППС 90:10	305	301	210
Смесь пшеничной муки и ППС 85:15	308	267	220
Смесь пшеничной муки и ППС 80:20	305	274	235
Пшенично-ржаная 80:20			
Смесь пшенично-ржаная 80:20	390	345	342
Смесь муки и ППС 95:5	387	355	347
Смесь муки и ППС 90:10	390	381	352
Смесь муки и ППС 85:15	394	385	362
Смесь муки и ППС 80:20	392	384	370
Пшенично-ржаная 70:30			
Смесь пшенично-ржаная 70:30	403	343	235
Смесь муки и ППС 95:5	401	356	275
Смесь муки и ППС 90:10	404	341	280
Смесь муки и ППС 85:15	407	363	282
Смесь муки и ППС 80:20	401	378	288

## Продолжение таблицы

Наименование муки и смесей для приготовления теста	Предельное напряжение сдвига, $\text{кг/м}^2 \cdot 10^{-6}$		
	через 0 минут брожения	через 60 минут брожения	120 минут брожения
Ржано-пшеничная 50:50			
Смесь ржано- пшеничная 50:50	423	375	269
Смесь муки и ППС 95:5	426	379	301
Смесь муки и ППС 90:10	422	385	301
Смесь муки и ППС 85:15	426	313	336
Смесь муки и ППС 80:20	428	320	342
Ржано-пшеничная 70:30			
Смесь ржано- пшеничная 70:30	435	375	310
Смесь муки и ППС 95:5	438	387	345
Смесь муки и ППС 90:10	434	389	354
Смесь муки и ППС 85:15	431	392	363
Смесь муки и ППС 80:20	432	397	371



## Предельное напряжение сдвига теста с пищевыми волокнами ППСЭ

Наименование муки и смесей для приготовления теста	Предельное напряжение сдвига, кг/м <sup>2</sup> ·10 <sup>-6</sup>		
	через 0 минут брожения	через 60 минут брожения	120 минут брожения
Ржаная мука	162	150	140
Смесь ржаной муки и ППСЭ 95:5	169	152	145
Смесь ржаной муки и ППСЭ 90:10	166	160	155
Смесь ржаной муки и ППСЭ 85:15	161	158	155
Смесь ржаной муки и ППСЭ 80:20	165	161	156
Пшеничная мука	305	285	200
Смесь пшеничной муки и ППСЭ 95:5	320	301	291
Смесь пшеничной муки и ППСЭ 90:10	305	301	286
Смесь пшеничной муки и ППСЭ 85:15	303	295	290
Смесь пшеничной муки и ППСЭ 80:20	305	295	291
Пшенично-ржаная 80:20			
Смесь пшенично-ржаная 80:20	390	335	342
Смесь муки и ППСЭ 95:5	387	347	345
Смесь муки и ППСЭ 90:10	391	365	345
Смесь муки и ППСЭ 85:15	394	365	350
Смесь муки и ППСЭ 80:20	392	364	354
Пшенично-ржаная 70:30			
Смесь пшенично-ржаная 70:30	435	375	310
Смесь муки и ППСЭ 95:5	434	376	323

Продолжение таблицы

Наименование муки и смесей для приготовления теста	Предельное напряжение сдвига, $\text{кг/м}^2 \cdot 10^{-6}$		
	через 0 минут брожения	через 60 минут брожения	120 минут брожения
Смесь муки и ППСЭ 90:10	436	381	350
Смесь муки и ППСЭ 85:15	439	383	370
Смесь муки и ППСЭ 80:20	435	388	373
Ржано-пшеничная 50:50			
Смесь ржано- пшеничная 50:50	423	375	269
Смесь муки и ППСЭ 95:5	426	388	340
Смесь муки и ППСЭ 90:10	435	388	343
Смесь муки и ППСЭ 85:15	438	380	375
Смесь муки и ППСЭ 80:20	431	389	380
Ржано-пшеничная 70:30			
Смесь ржано- пшеничная 70:30	435	375	310
Смесь муки и ППСЭ 95:5	438	387	370
Смесь муки и ППСЭ 90:10	430	394	383
Смесь муки и ППСЭ 85:15	430	398	387
Смесь муки и ППСЭ 80:20	431	398	391

## ПРИЛОЖЕНИЕ 17

## Показатели качества хлебобулочных изделий с пищевыми волокнами

## Показатели качества контрольных образцов хлебобулочных изделий с пищевыми волокнами ППС

Наименование показателей	Ржаная мука	Пшеничная мука	Рж:пш 20:80	Рж:пш 30:70	Рж:пш 50:50	Рж:пш 70:30
Влажность, %	45,0	44,0	44,0	41,0	39,3	41,0
Кислотность, град	8	4,2	5,0	5,0	6,0	6,0
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	1,6	1,75	2,4	2,3	2	1,9
Пористость, %	40,1	57,8	67,1	55,3	53,7	45,6
Н <sub>СЖ</sub> , ед. АП4/2	48	61	61	60	65	55
Н <sub>ПЛ</sub> , ед. АП 4/2	20	30	39	38	42	38
Н <sub>УПР</sub> , ед. АП 4	28	31	22	22	23	17
Выход, %	151,5	145,0	147,5	148,3	146	146,5

## Показатели качества пшеничных и ржаных хлебобулочных изделий с пищевыми волокнами ППС

Наименование показателей	Смесь ржаной муки и ПВ 95:5	Смесь ржаной муки и ПВ 90:10	Смесь ржаной муки и ПВ 85:15	Смесь ржаной муки и ПВ 80:20	Смесь пшеничной муки и ПВ 95:5	Смесь пшеничной муки и ПВ 90:10	Смесь пшеничной муки и ПВ 85:15	Смесь пшеничной муки и ПВ 80:20
Влажность, %	52,2	49,8	47,6	46,8	49,4	48,2	47,2	46,4
Кислотность, град	8,0	8,0	8,4	8,6	7,0	7,0	7,2	7,2
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	1,76	1,86	1,75	1,69	2,46	2,9	2,81	2,75
Пористость, %	59,7	69,3	71	69,5	81,7	83,3	83,6	78,1
Н <sub>СЖ</sub> , ед. АП4/2	54	62	58	50	66	110	97	91
Н <sub>ПЛ</sub> , ед. АП 4/2	16	11	14	12	55	85	38	34
Н <sub>УПР</sub> , ед. АП 4	38	51	44	38	11	25	59	57
Выход, %	168,0	174,0	180,5	185,5	169,0	175,0	176,0	178,0

Показатели качества пшенично-ржаных хлебобулочных изделий с соотношением муки 80:20 и 70:30 с пищевыми волокнами ППС

Наименование показателей	Пш:рж 80:20				Пш:рж 70:30			
	Смесь муки и ПВ 95:5	Смесь муки и ПВ 90:10	Смесь муки и ПВ 85:15	Смесь муки и ПВ 80:20	Смесь муки и ПВ 95:5	Смесь муки и ПВ 90:10	Смесь муки и ПВ 85:15	Смесь муки и ПВ 80:20
Влажность, %	50,4	49,4	48,8	48,2	46,8	45,8	44,8	43,8
Кислотность, град	6,2	6,4	6,5	6,6	5,0	6	6	6,2
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,37	2,55	2,41	2,11	2,4	2,45	2,4	2,4
Пористость, %	76,9	79	75,7	72,5	69,6	80	77,7	75,9
Нсж, ед. АП4/2	97	89	71	65	110	99	71	71
Нпл, ед. АП 4/2	40	37	32	32	23	46	37	35
Нупр, ед. АП 4	57	52	39	33	87	53	34	36
Выход, %	168,5	175,0	177,0	179,5	170,5	175,5	178,3	180,2

Показатели качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с соотношением муки 50:50 и 70:30 с пищевыми волокнами ППС

Наименование показателей	Рж:пш 50:50				Рж:пш 70:30			
	Смесь муки и ПВ 95:5	Смесь муки и ПВ 90:10	Смесь муки и ПВ 85:15	Смесь муки и ПВ 80:20	Смесь муки и ПВ 95:5	Смесь муки и ПВ 80:10	Смесь муки и ПВ 85:15	Смесь муки и ПВ 80:20
Влажность, %	45,3	43,6	40,8	40,0	47,9	46,6	45,9	44,0
Кислотность, град	7,0	7,0	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	7,8
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,12	2,3	2,2	2,1	1,9	2,2	2,1	2,1
Пористость, %	66	74,6	71,1	68	58,2	64,4	57,1	56,7
Нсж, ед. АП4/2	74	68	67	65	69	65	55	55
Нпл, ед. АП 4/2	30	46	30	12	24	28	27	19
Нупр, ед. АП 4	44	22	37	53	45	37	28	36
Выход, %	171,1	175,8	178,5	180,0	171,0	174,0	179,2	180,4

## Показатели качества пшеничных и ржаных хлебобулочных изделий с пищевыми волокнами ППСЭ

Наименование показателей	Смесь ржаной муки и ПВ 95:5	Смесь ржаной муки и ПВ 90:10	Смесь ржаной муки и ПВ 85:15	Смесь ржаной муки и ПВ 80:20	Смесь пшеничной муки и ПВ 95:5	Смесь пшеничной муки и ПВ 90:10	Смесь пшеничной муки и ПВ 85:15	Смесь пшеничной муки и ПВ 80:20
Влажность, %	52,2	31,8	42,6	46,8	49,4	50,2	47,2	51,4
Кислотность, град	9,0	9,0	8,0	9,0	7,0	7,0	7,1	7,3
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	1,7	1,78	1,88	1,7	2,6	2,83	3,13	2,44
Пористость, %	59,7	69,3	71	69,5	81,7	83,3	83,6	78,1
Н <sub>СЖ</sub> , ед. АП4/2	52	57	65	56	79	110	120	115
Н <sub>ПЛ</sub> , ед. АП 4/2	20	13	21	12	34	64	75	65
Н <sub>УПР</sub> , ед. АП 4	32	44	44	44	45	46	45	50
Выход, %	168,4	174,5	180,5	185,5	169,6	175,9	176,4	178,2

Показатели качества пшенично-ржаных хлебобулочных изделий с соотношением муки 80:20 и 70:30 с пищевыми волокнами ППСЭ

Наименование показателей	Пш:рж 80:20				Пш:рж 70:30			
	Смесь муки и ПВ 95:5	Смесь муки и ПВ 90:10	Смесь муки и ПВ 85:15	Смесь муки и ПВ 80:20	Смесь муки и ПВ 95:5	Смесь муки и ПВ 90:10	Смесь муки и ПВ 85:15	Смесь муки и ПВ 80:20
Влажность, %	50,4	51,4	53,0	52,2	46,8	49,8	49,8	49,8
Кислотность, град	5,0	5,1	5,2	5,4	5,0	5,1	5,4	5,6
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,6	2,8	2,9	2,5	2,39	2,47	2,52	2,39
Пористость, %	73	80	80,4	75,7	77,3	78,1	78,8	76,9
Нсж, ед. АП4/2	71	98	120	110	71	107	116	110
Нпл, ед. АП 4/2	48	64	70	73	55	40	72	78
Нупр, ед. АП 4	23	34	50	37	16	67	44	32
Выход%	169,9	175,8	177,6	179,9	170,6	175,5	178,7	180,4

Показатели качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с соотношением муки 50:50 и 70:30 с пищевыми волокнами ППСЭ

Наименование показателей	Рж:пш 50:50				Рж:пш 70:30			
	Смесь муки и ПВ 95:5	Смесь муки и ПВ 90:10	Смесь муки и ПВ 95:15	Смесь муки и ПВ 90:20	Смесь муки и ПВ 85:5	Смесь муки и ПВ 80:10	Смесь муки и ПВ 85:15	Смесь муки и ПВ 80:20
Влажность, %	47,8	51,6	43,4	40,4	48,9	51,4	48,2	49,1
Кислотность, град	6,1	6,4	6,5	6,7	6,4	6,5	6,6	6,7
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,46	2,5	2,55	2,3	2,12	2,37	2,47	2,2
Пористость, %	67,3	74,4	78,9	71,8	73,1	78,1	79	70,1
Нсж, ед. АП4/2	67	82	90	71	73	77	86	65
Нпл, ед. АП 4/2	42	35	30	53	56	39	44	40
Нупр, ед. АП 4	25	47	60	18	17	38	42	25
Выход,%	171,6	175,8	178,9	180,8	172,0	174,3	180,9	182,4