

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»

М.А. Янова, Т.С. Иванова

**ЭКСТРУЗИОННАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ И ОВСА
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МУКИ И МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ,
ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Красноярск 2014

ББК 36.822

Я 64

Рецензенты:

*Е.А. Струпан, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии
и организации общественного питания ФГАОУ ВПО СФУ*

О.К. Мотовилов, д-р техн. наук, директор ФГБНУ СибНИТИП

Я 64 **Янова, М.А.** Экструзионная обработка зерна ячменя и овса для получения муки и мучных кондитерских, хлебобулочных изделий / М.А. Янова, Т.С. Иванова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 115 с.

ISBN 978-5-94617-341-4

Представлена разработка технологии экструдирования зерна ячменя и овса для получения муки и мучных кондитерских и хлебобулочных изделий с повышенной пищевой ценностью.

Приведены результаты экспериментальных исследований физико-химических свойств зерна ячменя и овса до и после экструдирования, при которых пищевые достоинства сырья улучшаются.

Предназначено для научных и практических работников, а также аспирантов, магистров и студентов вузов.

ББК 36.822

ISBN 978-5-94617-341-4

© Янова М.А., Иванова Т.С., 2014

© ФГБОУ ВПО «Красноярский

государственный аграрный университет», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Экструзионная обработка зерна. Современное состояние проблемы.....	6
1.1. Зернопродукты в питании человека.....	6
1.2. Современное состояние технологии производства муки из ячменя и овса.....	12
1.3. Характеристика зерна как сырья для производства муки.....	17
1.3.1. Характеристика овса как сырья для производства муки.....	17
1.3.2. Характеристика ячменя как сырья для производства муки.....	22
1.4. Теоретические основы процесса экструзионной технологии.....	26
1.5. Технологическая схема получения муки.....	32
2. Экспериментальные исследования способов получения муки из экструдированного зерна ячменя, овса и их анализ.....	38
2.1. Физико-химические показатели зерна голозерных и пленчатых форм ячменя, овса в процессе экструдирования.....	38
2.2. Безопасность зерна ячменя, овса до и после экструдирования..	42
2.3. Модель изменения физико-химических показателей зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса в зависимости от температуры воздействия на него при экструдировании.....	43
3. Разработка ассортимента мучных кондитерских и хлебобулочных изделий с использованием муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса.....	62
3.1. Разработка рецептуры для производства мучных кондитерских и хлебобулочных изделий.....	62
3.1.1. Разработка рецептур для производства мучных кондитерских изделий с использованием муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и анализ разработанных изделий.....	62
3.1.2. Разработка рецептур для производства мучных кондитерских и хлебобулочных изделий с использованием муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм овса и анализ разработанных изделий.....	64
3.2. Дегустационная оценка разработанных изделий.....	71
3.3. Расчет пищевой ценности.....	73
3.3.1. Расчет химического состава изделий.....	74
3.3.2. Расчет энергетической ценности.....	75
3.3.3. Расчет степени удовлетворения суточной потребности человека в пищевых веществах.....	77
3.4. Проведение опытно-производственных испытаний.....	80
3.5. Экономическая эффективность полученных изделий.....	80
Заключение.....	83
Литература.....	84
Приложения.....	93

ВВЕДЕНИЕ

Зернопродукты имеют большое значение в питании людей. Рацион взрослого населения не соответствует принципам здорового питания из-за употребления в пищу продуктов, содержащих большое количество жира животного происхождения и простых углеводов, недостатка овощей и фруктов, рыбы и морепродуктов, что приводит к росту избыточной массы тела и ожирению. Распространенность данных нарушений за последние 8–9 лет возросла с 19 до 23 процентов, увеличился риск развития сахарного диабета, заболеваний сердечно-сосудистой системы. [81].

Образ жизни современного человека значительно отличается от образа жизни людей прошлых эпох. Существенно изменилось и его питание. Все меньше мы имеем возможностей потреблять натуральную пищу, созданную непосредственно природой. Прилавки магазинов предлагают нам в основном продукты промышленного производства, в процессе изготовления которых часто невольно или целенаправленно изменяется их состав, им придаются определенные свойства и функции. Но из огромного числа продуктов мы можем выбрать те, которые больше нам подходят (соответствуют нашему возрасту, образу жизни, состоянию здоровья и т.п.). Поэтому часто наш выбор падает на функциональные продукты [13].

Основными задачами государственной политики в области здорового питания являются: расширение отечественного производства основных видов продовольственного сырья, отвечающего современным требованиям качества и безопасности; развитие производства пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, специализированных продуктов детского питания, продуктов функционального назначения, диетических (лечебных и профилактических) пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище, в том числе для питания в организованных коллективах (трудовые, образовательные и др.) [81].

Значительный вклад в развитие сырьевой базы и совершенствование существующих технологий в мучной кондитерской и хлебобулочной отрасли внесли такие ученые, как О.И. Ильина, А.А. Кочеткова, Г.О. Магомедов, А.П. Нечаев, Л.И. Пучкова, Т.В. Савенкова, Н.Н. Типсина, Т.Б. Цыганова, Л.Н. Шатнюк и др.

Современное техническое перевооружение перерабатывающей отрасли направлено на повышение эффективности функционирования технологических процессов, разработку и внедрение основных

принципов взаимодействия экологических, антропогенных, энергетических и продуктивных факторов. Зерно, мука и хлеб – основные составляющие, от качества которых зависит уровень снабжения населения главным пищевым продуктом и, как следствие, уровень экономики страны, ее экономическая и политическая стабильность. Получать полноценные продукты из сельскохозяйственного сырья можно путем направленного изменения его технологических и физико-химических свойств за счет регулирования и оптимизации параметров процессов переработки и хранения [109].

Экструдирование сырья позволяет максимально сохранить биологически активные вещества перерабатываемого сырья, заменить сложное оборудование на непрерывное, а также получить зерновые продукты с определенным набором физико-химических и органолептических свойств.

Поиск новых видов сырья и способов его обработки является одним из основных направлений развития зерноперерабатывающей отрасли. В Красноярском крае ячмень и овес используют в большей степени на кормовые цели. Ячменная и овсяная мука в производстве мучных кондитерских и хлебобулочных изделий мало востребована. Поэтому применение технологии экструдирования для получения муки позволяет более широко использовать серые хлеба в пищевой промышленности для получения высококачественных пищевых продуктов в диетическом питании, полноценных продуктов здорового питания для человека.

Существенный вклад в развитие теории экструзии в пищевой промышленности внесли такие зарубежные и отечественные ученые, как G. Schenkel, E.C. Bernhardt, Z. Tadmor, G.H. Jepson, В.А. Силин, А.И. Жушман, В.Г. Карпов, В.Г. Краус и многие другие. Несмотря на вклад ученых, экструзионная обработка зерна пленчатых и голозерных форм ячменя и овса недостаточно изучена.

Традиционно среди широкого ассортимента кондитерских и хлебобулочных изделий с использованием овсяной и ячменной муки, вырабатываемых в нашей стране, особое место принадлежит печеню, кексам, булочкам, пользующимся большой популярностью. Однако процесс получения муки из зерна овса и ячменя достаточно трудо- и энергоемок, включает большое количество этапов. Исходя из вышеизложенного, отметим, что актуальным является поиск нового решения для совершенствования технологии производства муки, мучных кондитерских и хлебобулочных изделий и проведение ряда исследований для выбора и обоснования нового вида сырья и готовых изделий.

1. ЭКСТРУЗИОННАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

1.1. Зернопродукты в питании населения

Особенностью нынешнего развития пищевой промышленности является получение качественно новых продуктов питания с повышенной пищевой ценностью, способствующих улучшению здоровья за счет регулирующего и нормализующего влияния на организм человека с учетом его физиологического состояния и возраста.

В настоящее время население проявляет повышенный интерес к химическому составу, пищевой ценности и наличию функциональных ингредиентов в продуктах питания и все чаще сталкивается с проблемой несбалансированного питания за счет потребления очищенных, рафинированных продуктов. Для здорового питания человеку необходимы пищевые волокна, витамины, микроэлементы, минеральные вещества, ненасыщенные жирные кислоты и др. [96].

Здоровье человека в значительной степени определяется его питанием, то есть обеспеченностью организма энергией и необходимыми пищевыми и непищевыми веществами. Особенности питания влияют на процессы генерации энергии в клетке, биосинтез белка, структуру и функции клеточных и внутриклеточных мембран, активность ферментативных систем, на нейрогуморальную регуляцию, иммунитет, биологические ритмы и так далее. От количества и качества питания зависят биохимические показатели обмена веществ, активность разных органов и систем. Однако в современных условиях все труднее и труднее становится обеспечивать поступление биологически активных компонентов пищи в требуемых количествах. Образ жизни современного человека требует все меньше и меньше энергозатрат, то есть меньше энергетических составляющих пищи (белков, жиров, углеводов), но не меньше различного рода биологически активных веществ. Таким образом, формируется дисбаланс между энергетической составляющей пищи, необходимой для физической деятельности, и микронутриентами, обеспечивающими физиологическую деятельность организма. Дефицит витаминов у дошкольников составляет в среднем от 16 до 45 %, у школьников – от 40 до 70 %, у студентов – до 60 %, у взрослого населения – до 50 % [62].

Г.В. Шабурова и ряд ученых отмечали, что пищевые продукты на зерновой основе играют существенную роль в питании человека.

За счет хлебобулочных изделий россиянами покрывается до 30 % энергетических потребностей, до 20–30 % потребностей в белках растительного происхождения, до 30 % – в углеводах. Использование зерновых культур позволяет обогатить продукты питания пищевыми волокнами, витаминами, минеральными веществами [105].

Структура питания, то есть состав продуктов, используемых человеком в процессе его жизнедеятельности, определяется национальными традициями, культурой, уровнем развития общества и т. п. Все продукты питания делятся на продукты животного и растительного происхождения. Растения в жизни человека имели и имеют основополагающее значение хотя бы потому, что являются составляющей частью естественной среды его обитания и источником пищи, в том числе основным источником углеводов. Более того, и производство продуктов животного происхождения было бы невозможно без растений. На земле произрастает не одна тысяча видов интересующих нас растений, однако только сравнительно небольшая их часть окультурена, и еще меньшая дает зерно – основу питания многих народов [62].

В соответствии с ГОСТ Р 27186-86 «Зерно заготавливаемое и поставляемое. Термины и определения» к зерну относят плоды злаковых культур, используемых для пищевых, кормовых и технических целей [41].

Продукты на основе злаков содержат растворимые и нерастворимые пищевые волокна, которые, уменьшая уровень холестерина, снижают риск сердечно-сосудистых заболеваний, а также стабилизируют пищеварительные функции, предупреждая заболевания желудочно-кишечного тракта. Хлебобулочные продукты снабжают организм человека не только энергией, но и белком – на 30–40 %, витаминами группы В на 50–60 %, витамином Е на 80 % [95].

С физиологической точки зрения, жизнь – это непрерывный обмен веществ с внешней средой. В организме происходят процессы разрушения клеточных структур и их восстановление, то есть в сформировавшемся организме постоянно идет «ремонт», а в молодом растущем – еще и «строительство». Все это требует энергии и материалов. Чтобы реализовать процесс «строительства» и обеспечить его качество, необходимы многие биологически активные и балластные вещества, и основным источником всего этого является пища. Соответственно, различают энергетическую ценность продуктов питания как сумму энергетической ценности основных питательных веществ: белков, жиров и углеводов, и биологическую, определяемую соста-

вом жиров, аминокислотным составом белков, содержанием витаминов, минеральных и других биологически активных веществ. Пища, распадаясь в организме на простые составляющие, служит источником энергии и материалов для всех процессов жизнедеятельности человека. Поскольку ни один продукт не усваивается организмом полностью, то вводят представление о фактической ценности и коэффициенте усвояемости [62].

Под функциональными продуктами понимают «продукты питания, содержащие ингредиенты, которые приносят пользу здоровью человека, повышая его сопротивляемость заболеваниям, улучшают течение многих физиологических процессов в организме человека, позволяют ему долгое время сохранять активный образ жизни. Эти продукты предназначены для широкого круга потребителей, имеют вид обычной пищи, могут и должны потребляться регулярно в составе нормального рациона питания» [95]. Потребительские свойства функциональных продуктов включают три составляющие: пищевую ценность, вкусовые качества и положительное физиологическое воздействие.

С современной позиции под функциональными продуктами питания большинство исследователей и практиков, работающих в этом направлении пищевой и медицинской технологии, понимают такие пищевые продукты, которые при ежедневном употреблении в традиционных количествах обладают помимо общей пищевой ценности способностью специфически поддерживать и регулировать конкретные физиологические функции, биохимические и поведенческие реакции или группы их, сохранять и улучшать физическое и психическое здоровье человека и снижать риск возникновения заболеваний [6].

С.В. Зверев выделяет 5 категорий функционального питания [61]:

- продукты питания, естественно содержащие требуемые количества функционального ингредиента или группы их;
- натуральные продукты, дополнительно обогащенные каким-либо функциональным ингредиентом или группой их;
- натуральные продукты, в которых исходные потенциальные функциональные ингредиенты модифицированы таким образом, что они начинают проявлять свои биологически активные физиологические свойства или они усиливаются;
- натуральные пищевые продукты, в которых в результате тех или иных модификаций биоусвояемость входящих в них функциональных ингредиентов увеличивается;

- натуральные или искусственные продукты, которые в результате применения комбинации вышеуказанных технологических приемов приобретают способность сохранять и улучшать физическое и психическое здоровье человека и снижать риск возникновения заболеваний.

Здоровье человека в первую очередь зависит от питания.

В пищевых продуктах содержатся многочисленные вещества, необходимые организму человека для восполнения расхода энергии и обеспечения физиологических функций. Клетки, составляющие ткани и органы тела, в которых совершаются чрезвычайно сложные биохимические процессы, стареют, отмирают, на их месте появляются новые, молодые. Для их построения, а также для нормального функционирования необходимы пищевые вещества. В зависимости от возраста, пола, характера работы, места проживания, состояния здоровья человека его организм нуждается в различном количестве разнообразных пищевых веществ, которые по своей природе являются химическими и состоят из таких основных групп, как белки, жиры, углеводы, минеральные элементы, витамины.

Продукты имеют неодинаковую пищевую ценность и поэтому способны по-разному удовлетворять потребности организма.

По мнению С.Н. Хохрина, настроение, здоровье, работоспособность, долголетие зависят от того, как питается человек. Организм должен компенсировать затраты пищевых веществ, постоянно получать их в составе пищевых продуктов. При недоедании и голодании человек недополучает необходимые вещества, худеет, теряет массу, у него появляется слабость, сонливость, снижается устойчивость организма к различным заболеваниям [103].

Хлебобулочные изделия – основные продукты питания, содержащие пищевые вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности человека, среди которых белки, липиды, углеводы, минеральные вещества, витамины и пищевые волокна. Эти продукты питания с высокой энергетической ценностью, легкой переваримостью и хорошей усвояемостью имеют приятный вкус, значительно дешевле большинства других продуктов массового потребления.

В жизни современного человека хлеб играет значительную роль. Доля хлебобулочных изделий в рационе человека зависит от его привычек, а также от экономических и социальных возможностей. В большинстве развитых стран мира уровень потребления хлеба составляет 20–25 % от общей массы потребляемой пищи. За счет упот-

ребления 250–300 г хлебопродуктов (хлеб, крупы, макаронные изделия) дневная потребность человека в пище удовлетворяется на 1/3, в жизненной энергии – на 30–50 %, в витаминах группы В – на 50–60 %, витамине Е – на 80 %. Содержание витаминов В₆, РР, Е и фолиевой кислоты в зерне пшеницы, ржи и других культур сбалансировано в соответствии с потребностями человека, 100 г зерна обеспечивают 20–30 % суточной потребности каждого из этих витаминов [66].

В.А. Тутельян отмечал, что мучные изделия хлебопекарной, кондитерской промышленности наиболее распространены в рационе потребления всех групп населения России, поэтому они являются объектом исследования многих ученых с целью разработки новых продуктов повышенной пищевой ценности [100].

Хлеб для организма человека является основным источником энергии, растительных белков, углеводов, удовлетворяет в некоторой степени потребность в кальции, магнии, железе, в витаминах группы В и РР, пищевых волокнах. Однако качество белка хлебобулочных изделий следует повышать путем включения в их рецептуру дополнительных компонентов, содержащих наиболее дефицитные аминокислоты: лизин и треонин; улучшать соотношение между минеральными веществами: кальцием и фосфором, кальцием и магнием; витаминизировать муку или полуфабрикаты, обогащать их растительными волокнами, содержащимися в продуктах переработки зернового сырья, во фруктовых или овощных порошках и др.

Учитывая роль хлеба в рационе питания населения России, необходимо решать проблемы повышения его пищевой ценности. Е.Д. Казаковым, Г.П. Карпиенко приведены основные направления повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий [66]:

1. Комплексная переработка зерна, увеличение выхода муки с целью включения в ее состав алейронового слоя и зародыша зерна; использование отрубей при выработке хлеба из муки высших сортов; совершенствование технологии производства хлеба из муки, смолотой из зерна без отбора отрубей.

2. Увеличение массовой доли белка путем включения в рецептуру компонентов растительного или животного происхождения с повышенным по сравнению с мукой содержанием белка и наиболее дефицитных аминокислот: лизина и треонина.

3. Использование белков из нетрадиционного зернового, бобового и масличного сырья.

4. Повышение минеральной и витаминной ценности хлебобулочных изделий.

5. Обогащение хлеба растительными волокнами путем введения в рецептуру продуктов переработки традиционного промышленного сельскохозяйственного сырья: пшеничных отрубей, фруктовых или овощных порошков; использование резервов зерна: зародышевых хлопьев, биоактивированного зерна, отрубей, муки, полученной из зерна без отбора отрубей.

6. Применение биогенных продуктов – проростков зерна и ростков зерна – носителей микроэлементов, минеральных веществ, протеинов, ферментов, витаминов и пищевых волокон.

7. Применение ферментных препаратов, регулирующих биотехнологические процессы, модифицирующие нативные белки, углеводы, жиры, клетчатку и т.д.

8. Минерализация воды.

Одной из важнейших характеристик хлебобулочных изделий является срок хранения, в течение которого изделие сохраняет свежесть и полезные свойства. В этом отношении продукты из овса обладают уникальными свойствами [77].

Номенклатура продуктов, первичной сырьевой основой для которых является зерно, довольно обширна и различается по видам, технологии производства и глубине переработки. В настоящее время только мукомольно-крупяная промышленность производит более 60 видов основных и побочных зернопродуктов. Рекомендуемое Институтом питания РАМН РФ потребление зернопродуктов на одного человека составляет 107 кг/год. За последние годы фактическое потребление было несколько выше, что связано с дисбалансом структуры питания в сторону дешевых зернопродуктов в силу низкого уровня жизни основных масс населения страны [62].

Рекомендуемая норма калорий, получаемых взрослым человеком за счет зернопродуктов, составляет 680 ккал/сутки, что соответствует 0,3–0,4 калорийности суточного рациона взрослого человека и включает приблизительно 200–250 г хлеба, крупы и т.п. Основными видами зернопродуктов из злаковых культур являются крупы и мука, которые, в свою очередь, обеспечивают широкое разнообразие изделий пищевых концентратной, хлебобулочной, макаронной и кондитерской промышленности (хлебная группа продуктов питания).

Мука – это измельченное ядро зерна, только степень измельчения значительно больше, чем у дробленых круп. Средний размер от-

дельных частиц пшеничной муки в зависимости от степени измельчения колеблется от 0,1 до менее 0,04 мм. Одним из основных потребительских свойств зерна и зернопродуктов является его пищевая ценность, которая включает количественную (энергетическая ценность продукта) и качественную (содержание основных компонентов и вкусовые достоинства) стороны [62].

Мучные кондитерские изделия составляют значительную часть в структуре питания населения России, причем наиболее популярным его видом является печенье. Использование печенья в качестве источника дефицитных микронутриентов весьма перспективно. По сравнению с пшеничной мукой овсяная мука содержит большее количество веществ, обладающих функциональными свойствами. Это витамины (B₆, K, E), питательные вещества (β -глюкан), минеральные вещества (S, Si, Mg, Cl, Ni, Zn и др.). Основную ее ценность представляет клетчатка: растворимая – предотвращает колебания уровня сахара в крови и оказывает тонизирующее действие, нерастворимая – восстанавливает микрофлору кишечника. Учитывая современные тенденции по оздоровлению организма, отметим, что продукты, содержащие овсяную муку, как нельзя лучше вписываются в рацион оптимального питания человека [85].

1.2. Современное состояние технологии производства муки из ячменя и овса

Ячмень и овес – одни из ценнейших полевых культур, возделыванию которых уделяется большое внимание. Ячмень – одна из древнейших сельскохозяйственных культур. Он возделывается со времен зарождения земледелия. Многообразие форм ячменя и овса, приспособленных к различным почвенно-климатическим условиям, позволяет возделывать его везде, где только возможно земледелие. В Красноярском крае ячмень и овес являются одними из самых возделываемых культур. Красноярский край – территория с резко континентальным климатом. Производство зерна на этой территории имеет свои особенности. В зависимости от целевого назначения зерно ячменя и овса должно обладать соответствующими технологическими параметрами, которые в значительной степени определяются сортовыми особенностями и зависят от агроклиматических факторов. Под технологическими свойствами зерна понимают совокупность его природных особенностей, которые обуславливают поведение зерна в про-

цессе его переработки, а также качество конечных продуктов. В зависимости от назначения зерна ячменя и овса подход к оценке технологических свойств различный, а также зависит от сортовых особенностей и условий их возделывания [112].

В современных условиях развития существенно возрастает практический интерес к более рациональному использованию зерна злаковых культур в питании человека. Зерновые компоненты являются основными источниками энергии, на их долю в мукомольном производстве для населения приходится до 70 %. Углеводы зерновых не однородны по своему составу, так как объединяют различные сахара, декстрины, крахмал, целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнины в различных количественных соотношениях. Поэтому зерновые, имея почти одинаковое суммарное количество углеводов (80–85 %), но в различном количественном и качественном соотношении, имеют и различную степень переваривания и использования в организме, а следовательно, и значительные колебания в обменной энергии (от 10,5 до 14,6 МДж в 1 кг). Переваримость и использование питательных веществ из готовых продуктов зависят от количества входящих в них зерновых компонентов [1].

В.А. Шаршунов с соавторами отмечают, что мука – пищевой продукт, получаемый измельчением зерна злаков и других культур с той или иной примесью оболочечных частиц (отрубей). Сущность переработки зерна в муку на мукомольном заводе при сортовом помоле сводится к тому, чтобы при помощи постепенных повторяющихся механических воздействий и последующего, также повторяющегося просеивания (сепарирования) удалить плодовые, семенные оболочки, алейроновый слой и зародыш зерна [106].

Химический состав зерна, перерабатываемого на крупяном заводе, также изменяется. Химический состав зерна при подготовке его к помолу и в процессе размола изменяется не только в результате механического удаления его покровных тканей и измельчения. Одновременно в зерне и промежуточных продуктах размола происходят биохимические изменения, часто существенные. Это служит основанием для применения метода химического анализа на предприятиях по переработке зерна, оценки его исходного качества с точки зрения требований того или иного производства, проверки и регулирования технологического процесса переработки зерна, оценки качества готовой продукции в зависимости от целевого назначения [106].

Из муки, полученной из зерна многих сортов ячменя, используя теплую воду, можно отмыть клейковину. По своему качеству клейковина зерна ячменя схожа с плохой клейковиной зерна пшеницы. Растяжимость ее мала, цвет серый, гидратационная способность ниже, чем у клейковины пшеницы, колеблется от 90 до 160 %. Под влиянием молочной кислоты набухаемость клейковины зерна ячменя практически не повышается. Поваренная соль, ускоряя формирование клейковины зерна ячменя, снижает ее выход и качество. Протеолитические ферменты несколько ослабевают клейковину [65].

Зернопродукты в виде круп, хлопьев, сухих завтраков, концентратов первых и вторых блюд составляют существенную часть нашего дневного рациона питания. Поэтому данный сегмент пищевого рынка отличается общей тенденцией роста ассортимента и объемов продаж продуктов быстрого приготовления. Зернопереработка – довольно консервативная область производства, однако и здесь за последние десятилетия появились если и не всегда принципиально новые, то исполненные на новом техническом уровне машины и агрегата. В первую очередь, это коснулось технологий «нетрадиционных» видов зернопродуктов: продуктов ускоренного приготовления и продуктов, не требующих варки. Противоречия между огромными объемами потребления и обновляющимся ассортиментом приводят к тому, что в так называемой «нетрадиционной» области оказываются рентабельными малые и средние предприятия с производительностью до 1 т/ч, оснащенные современным малогабаритным, но эффективным оборудованием и гибкой технологией [62].

В зерновых культурах в больших количествах содержатся ингибиторы трипсина. Они имеют антипитательный характер, так как защищают белки в зерне от воздействия жидких и газообразных сред. Ингибиторы трипсина значительно замедляют рост человека и негативно влияют на функционирование поджелудочной железы. Установлено, что при нагревании зерна до температуры 50 °С начинается потеря активности ингибиторов и ферментов. Чем выше температура, тем меньше их влияние на организм человека. Кроме того, при внедрении новых технологий углубленной обработки зерна имеется возможность проведения денатурации белка, то есть разрушение оболочек и преобразование белков исходных форм в щелочерастворимые аминокислоты, усвояемые в пищеварительном тракте человека. Денатурация белка основана на разрушении водно-ионных и ковалентных связей на клеточном уровне и снижении водоотталкивающего эффек-

та тел. Эти изменения способствуют и повышению извлекаемости жиров, которые связаны и с другими питательными компонентами в единую защитную структуру [72, 103].

Повсеместная неблагоприятная экологическая обстановка заставляет обратить внимание на компоненты пищи, обладающие эндосорбентными и радиопротекторными свойствами. К таким компонентам относятся пищевые волокна, одним из основных источников которых являются продукты зернового происхождения. Причем больше всего их содержится в периферийных частях зерна: оболочках и зародыше. Пищевые волокна обладают свойством сорбировать, связывать и выводить из организма человека тяжелые металлы, радионуклиды стронция и цезия, ряд вредных химических соединений (нитриты, нитраты, аммиак, фенолы, формальдегиды, карбамиды и др.), патогенные микроорганизмы [62].

Совершенствование технологии переработки злаковых с целью повышения их энергетической ценности и создания все более рафинированных продуктов, по мнению трофологов (специалистов по питанию), является одной из ошибок развития цивилизации, поскольку это приводит к снижению биологической ценности одной из наиболее массовых групп продуктов. Традиционные технологии были направлены именно на повышение энергетической ценности продукта, которая напрямую зависит от его вкусовой приемлемости для потребителя.

В целях повышения биологической ценности зернопродуктов и снижения затрат на их производство представляется целесообразным сохранять часть оболочек и алейронового слоя зерна. В первую очередь это относится к крупам, хлопьям и зерносмесям из диетической муки различных семян и зерна. Последний продукт, при определенном составе и технологии получения, помимо диетических, обладает профилактическими и лечебными свойствами [62].

На мукомольных заводах для улучшения качества белка, разрушения крахмала до легкоусвояемых форм, обезвреживания вредных веществ и значительного повышения питательной ценности зернового сырья используют специальные способы подготовки и переработки зерна: механическое измельчение, экструдирование, пропаривание, плющение, микронизацию.

Измельчение – самый распространенный способ подготовки зерновых продуктов. При размоле, дроблении и плющении разрушается твердая оболочка зерна, облегчается разжевывание, питательные вещества становятся более доступными воздействию пищеваритель-

ных соков и ферментов, что способствует повышению усвояемости продукта [55].

Рекомендуемая технология, апробированная в условиях производства, включает увлажнение зерна водой до 18–20 %, отволаживание его в движущемся слое в течение 4 ч, пропаривание с нагревом до 100 °С, плющение на вальцах при зазоре 0,3–0,5 мм, сушку хлопьев до влажности 13–14 %, охлаждение их в сушилке-охладителе в кипящем слое.

По мнению В.А. Крохиной, при помощи дрожжевания сырье обогащается дрожжами, молочнокислыми бактериями, витаминами группы В, в результате повышаются его диетические и вкусовые качества. Дрожжи обладают способностью использовать для синтеза белка простые азотистые соединения [72].

Одним из прогрессивных способов является обработка зерна инфракрасным (ИК) излучением – микронизация. ИК-лучи, проникая в зерно, вызывают интенсивную вибрацию молекул. В результате выделения внутреннего тепла гигровлага испаряется, резко повышается давление, зерно набухает, вспучивается и растрескивается.

При ИК-обработке происходят глубокие и необратимые изменения структуры и свойств зерна. В результате микроструктура эндосперма претерпевает глубокие изменения, происходит частичная или полная денатурация белков, практически без потери ими растворимости, клейстеризация и декстринизация крахмала. Это особенно необходимо при производстве муки для детей, у которых пищеварительный тракт еще не в состоянии усваивать крахмал. Остается постоянным и содержание витаминов, а содержание водорастворимых углеводов по сравнению с необработанным зерном увеличивается на 22–43 %. Образование декстрина придает зерну сладковатый вкус и приятный запах. После термообработки полностью пропадают протеолитические бактерии, плесневые грибы, значительно снижается зараженность амбарными вредителями. Дезинсекция зараженного зерна дает положительный результат при использовании некондиционного зерна. Гибель вредителей происходит за счет их перегрева, вследствие того, что лучи поглощаются ими в большей степени, чем зерном [72].

Экструдирование – наиболее эффективный способ повышения питательной ценности зерновых компонентов муки. В винтовых рабочих органах экструдера зерно подвергается кратковременному, но очень интенсивному механическому и баротермическому воздействию. При этом в нем происходят сложные структурно-механические

и химические изменения. В процессе экструдирования крахмал распадается на простые сахара, вредная микрофлора обеззараживается, в бобовых дезактивируются антипитательные вещества, а витамины и аминокислоты, содержащиеся в злаках, благодаря кратковременности процесса сохраняются практически полностью.

Экструзия (от латинского *extrudo* – выталкивание, выдавливание) как процесс, совмещающий термо-, гидро- и механохимическую обработку сырья с целью получения продуктов с новой структурой и свойствами, известен достаточно давно.

В результате экструзии происходят существенные изменения и текстурирование не только на клеточном уровне, но и сложные химические, микробиологические (стерилизация), физические процессы и явления [98].

Во всех странах с развитым и эффективным сельским хозяйством производство высокопитательных и легкоусвояемых зерновых кормов с помощью экструзионных технологий уже давно стало традиционным и обыденным делом. Использование экструдеров в мукомольном производстве дает возможность получить готовые к применению пищевые продукты или создать для них компоненты, обладающие высокой сгущающей водо- и жирудерживающей способностью [14].

1.3. Характеристика зерна как сырья для производства муки

1.3.1. Характеристика овса как сырья для производства муки

Овес – ценная культура. Его используют для производства крупы недробленой, плющеной, хлопьев, толокна, реже муки, употребляемой для киселей и печенья, применяют на спиртовых заводах для приготовления солода. Пищевое и кормовое достоинство овса определяется его высокой биологической ценностью. Продукты из овса используют в диетическом и детском питании. Овес отличается меньшей требовательностью к теплу и плодородию почвы, лучше переносит кислые почвы, устойчив к заморозкам, отзывчив к удобрениям, способен быстро развивать корневую систему, благодаря чему меньше других культур страдает от засухи. Вегетационный период составляет 90–115 дней, на формирование 1 т зерна овса расходуется 28–33 кг азота, 13–14 кг фосфора и 29 кг калия. В Красноярском крае овес является одной из наиболее возделываемых культур, но выращиваемые сорта используются в основном для фуражных целей.

Анализ литературных данных химического состава овса позволяет сделать вывод о его высокой пищевой ценности, в результате чего применение овса в производстве пищевых продуктов будет способствовать повышению их пищевой ценности, а также целенаправленному приданию функциональных свойств за счет значительного содержания в исходном сырье пищевых волокон. Основным недостатком существующих технологий переработки овса является сравнительно низкая пищевая ценность получаемых продуктов за счет перехода значительной части питательных и биологически активных веществ во вторичное сырье. Однако, несмотря на высокую питательную ценность овса, зерно его мало востребовано.

Овес относится к числу важнейших продовольственных продуктов и обладает высокой пищевой ценностью. Химический состав муки зависит от вида используемой зерновой культуры и технологии производства. По сравнению с зерном мука имеет более высокую пищевую ценность, так как при ее производстве зерно освобождают от менее ценных частей [52].

По фракционному составу белков зерно овса значительно отличается от белков зерна пшеницы, ржи и ячменя. Преобладающая фракция у зерна овса – глютелины, затем проламины и глобулины. По содержанию отдельных аминокислот белки зерна овса заметно отличаются от белков зерна пшеницы и ячменя. Для белков зерна овса по сравнению с белками зерна пшеницы и ячменя характерно повышенное содержание аргинина и резко сниженное –глутаминовой кислоты(в 2,0–2,5 раза). В белках зерна овса отмечено также высокое содержание незаменимой аминокислоты лизина – почти в два раза больше, чем в белках пшеницы. Белки зерна овса характеризуются высокой биологической активностью. Относительная эффективность белка (определенная в опытах кормления крыс) для зерна овса составляет 1,8–2,5; ржи – 1,3–2,2; ячменя – 1,6–2,0; кукурузы – 1,4–1,6; пшеницы – 0,9–1,7. По содержанию незаменимых аминокислот белок зерна овса сходен с высоколизиновыми мутантами зерна кукурузы и ячменя. Например, в белке зерна обычной кукурузы лизина содержится примерно 2,2 %, в зерне высокобелковой Флаури – 2–3,4 %, высоколизинового зерна ячменя – 4,2 %, овса – 4,4 % [106].

Белки муки, за исключением бобовых, нельзя считать полноценными из-за дефицита аминокислот лизина и триптофана. Жиры в муке состоят в основном из ненасыщенных жирных кислот, легко окисляются и прогорают, приводя к порче. Мука богата фосфором,

содержит калий, магний, но бедна кальцием. Сочетание муки с молоком, творогом, яйцом, мясом повышает ценность белков, блюда пополняются кальцием. В муке содержатся витамины В₁, В₃, РР.

Одним из резервов повышения качества зерна овса является использование в селекции генофонда голозерных образцов, так как они имеют более высокое процентное содержание белка по сравнению с зерновкой овса пленчатых форм. Интерес к использованию голозерных овсов значительно возрос в последние годы. Голозерный овес превышает пленчатый не только по содержанию сырого белка, но и по содержанию безазотистых экстрактивных веществ [6].

Овсяное ядро, получаемое из овса крупяных кондиций, служит исходным материалом для производства овсяной муки недробленой (пропаренной), овсяных хлопьев (геркулес), лепестковых хлопьев, вареных хлопьев и толокна. Большое содержание белков в овсяных продуктах и их полноценность, благоприятный минеральный состав, содержание витаминов и высокая калорийность крупы указывает на ее высокую пищевую ценность [11].

Овес принадлежит к группе настоящих хлебов вместе с пшеницей, рожью, тритикале и ячменем. Зерновка овса тонкая, плодовая оболочка покрыта волосками (1–2 % от массы зерна), состоящим в основном из клетчатки. Цветковые пленки охватывают зерновку в 2–3 слоя, так что на их долю приходится 20–40 %; доля эндосперма составляет 50–63 %, алейронового слоя 12,5–14 %. Масса 1000 зерен 28–42 г. По химическому составу зерно овса отличается высоким содержанием жира – до 6,5 %, около 10 % приходится на клетчатку, крахмал занимает 35–40 %, белки – около 10 % [11].

Особенность зерна овса – высокая пленчатость, достигающая 26–30 %, причем оболочки – не сросшиеся плотно с ядром. С увеличением крупности (толщины) пленчатость овса снижается. Зародыш овса сравнительно большой [52; 73].

Для переработки в муку наиболее приемлемы сорта овса, имеющие округлое, хорошо выполненное зерно с небольшим содержанием оболочки.

Зерно овса содержит такие примеси, как овсюг, семена некоторых бобовых культур, пшеницу, ячмень. Хотя пшеница и ячмень, прошедшие обработку вместе с овсом, не относятся к примеси, их наличие ухудшает потребительские достоинства этой крупы, а наличие большого количества ячменя не позволяет выработать из нее хлопья, соответствующие требованиям стандарта [7].

Мука из овса содержит: 54,7–56 % крахмала; 11–12 % белков; 5,8–7 % жира, 2,1 % золы (соли K, P, Mg, Ca, Na), витамины.

В отличие от других, овсяная мука содержит много клетчатки – 1,5–2 %. Жир состоит из непредельных жирных кислот, быстро окисляется, крупы нестойкие в хранении [80].

Наряду с овсом пленчатым все большее значение для сельскохозяйственного производства и перерабатывающей промышленности приобретает овес голозерный. Овес голозерный может использоваться на кормовые и пищевые цели без предварительной обработки, что значительно снижает трудовые затраты и стоимость продукции. Его полезно включать в рационы различных видов сельскохозяйственных животных [6].

Незначительные масштабы использования голозерных сортов овса связаны с тем, что до недавнего времени с ними не проводилось систематической селекционной работы, а в технологическом плане культура еще недостаточно изучена [8].

Сегодня овес широко известен не только как кормовая, но и как продовольственная культура. Изначально он считался сорняком и как отмечал древнегреческий философ Теофраст (около 370 лет до н.э.): «Овес – это что-то дикое и некультивируемое». Впервые об овсе как культурном растении написал Плиний в I веке нашей эры: «Самый главный порок хлеба – овес, ячмень перерождается в него так, что овес становится хлебом, германцы даже сеют и питаются этим родом кашицы». Он упоминал о двух типах овса: для выпечки хлеба и на корм скоту. В Древней Руси, по летописи 997 г., овес возделывали наряду с пшеницей и употребляли на корм лошадям. В преданиях норвежцев овес упоминается как пища богов [6].

О возможности использования овса в питании человека писал древнеримский врач Гален. Народы, в рационе которых преобладают блюда из овса: шотландцы, славянские горцы, шерпы – здоровее и выносливее других.

Зерно овса является ценным сырьем для изготовления различных видов круп: недробленой, резаной, плющеной, шлифованной номерной, овсяных хлопьев, а также муки, толокна, кондитерских изделий, для производства детского и диетического питания. Зерно овса используется для получения спирта, главным образом в смеси с другими злаками и картофелем. Овсяные продукты содержат в большом количестве натуральные антиоксиданты – вещества, повышающие сопротивляемость организма к различным инфекциям и воздействиям окружающей среды (радионуклидам, солям тяжелых металлов и т.п.).

На уровень сахара и инсулина в крови положительно влияет овсяная диета. В середине XX столетия впервые появились сведения о влиянии продуктов питания из овса на снижение уровня холестерина в крови человека. Такое воздействие на организм оказывают растворимые балластные вещества. По сравнению с пшеничными отрубями овсяные хлопья содержат значительно больше растворимых балластных веществ – 3,3 % и 7,7 % соответственно [57].

Ценный продукт для приготовления различных блюд – овсяная мука. Она превосходит пшеничную муку по содержанию жира, полиненасыщенных жирных кислот, минеральных солей. Добавление овсянки обогащает хлебные изделия веществами противосклеротического действия, солями магния, что особенно полезно людям с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Овсяная мука используется при производстве кондитерских и хлебобулочных изделий. Введение овсяного компонента в тесто вызывает увеличение содержания растворимых белков в нем, снижение содержания глиаина и глютеина. Он уменьшает объем выпечки, улучшает структуру мякиша, запахо-вкусовые показатели, повышает питательную ценность продукта и срок его хранения в свежем виде. «Хлеб овсяный», разработанный во ВНИИ зерна, положительно влияет на уровень холестерина в крови, нормализует деятельность желудочно-кишечного тракта. Овсяная мука содержит в 100 граммах 15 г белка, 6 г жира, 386 ккал. Она отличается пониженным содержанием крахмала и повышенным содержанием жира и белка – авенина. В ней есть все незаменимые аминокислоты, витамины группы В и полный набор микроэлементов, в том числе кремний, который играет важную роль в процессе обмена веществ [8].

Усиливающийся интерес к овсу как продовольственной культуре обусловлен не только исключительно ценным аминокислотным составом белка, наличием витаминов, жира и крахмала высокого качества, но и антиаллергическими свойствами овсяных продуктов. Именно антиаллергические свойства позволяют широко использовать овес в детском питании. Продукты из овса используются в питании людей, страдающих аллергией на продукты, содержащие белки пшеницы.

На пищевые цели в мире используется 16–17 % и более производимого зерна овса, причем во всех европейских странах и США доля пищевого овса растет. В таких странах, как Дания, Великобритания, Германия, использование зерна овса для удовлетворения пищевых потребностей человека составляет 20 % производства. В России на переработку расходуется только 9–12 % валового производства овса [6].

1.3.2. Характеристика ячменя как сырья для производства муки

Ячмень – одна из древнейших сельскохозяйственных культур. Он возделывается со времен зарождения земледелия. По посевным площадям и валовому сбору зерна в мировом производстве ячмень занимает четвертое место, уступая лишь пшенице, рису и кукурузе. Многообразие форм ячменя, приспособленных к различным почвенно-климатическим условиям, позволяет возделывать его везде, где только возможно земледелие [68].

Ячмень – культура многопланового использования. Зерно перерабатывают в перловую и ячневую крупы, суррогат кофе и муку, из которой в некоторых тропических и субтропических странах выпекают хлеб. Однако хлеб из ячменя крошится и быстро черствеет, что связано с низким качеством и малым количеством клейковины в зерне. Во многих странах ячмень используют для заводского и домашнего приготовления пива. В пивоварении чаще употребляют зерно двурядного ячменя. Оно выровненное, имеет низкую пленчатость, мягкий, мучнистый эндосперм и высокое содержание углеводов, то есть наиболее пригодно для приготовления пивоваренного сырья – солода. Зерно – очень ценный корм для свиней и лошадей (в 1 кг зерна содержится 1,2 к. ед.). Зеленая масса ячменя также используется в качестве корма для домашнего скота. Зерно ячменя уникально среди хлебных злаков, что обусловлено в первую очередь высокой концентрацией растворимых диетических волокон, особенно β -глюкана, характеризующегося холестеринпонижающим эффектом [118].

В.Л. Кретович отмечает, зерно пленчатого ячменя по химическому составу отличается от пшеницы более высоким содержанием клетчатки и минеральных веществ и меньшим содержанием крахмала и белков, так как пленки содержат большое количество клетчатки и зольных веществ. Зерно, освобожденное от цветковых пленок, близко по химическому составу к зерну пшеницы [71].

Средний химический состав ячменного зерна выражается следующими данными (в % на сухое вещество): крахмал 45–70; белок 7–26; пентозаны 7–11; сахара 1,7–2,0; целлюлоза 3,5–7,0; жир 2–3; зольные элементы 2–3. По массе зерна компоненты распределены неравномерно. Наибольшее количество углеводов находится в эндосперме, а жиры, азотистые и минеральные вещества (калий, магний, хром и другие) – в зародыше, целлюлоза – в оболочке. Калорийность ячменной муки – 264,8 ккал на 100 г продукта, содержание углеводов – 56,1 г

на 100 г продукта. Сухое вещество представляет собой сумму органических и неорганических веществ. Органические вещества – это в основном углеводы и белки, а также жиры, полифенолы, органические кислоты, витамины и другие вещества. Неорганические вещества – это фосфор, сера, кремний, калий, натрий, магний, кальций, железо, хлор. Некоторая часть их связана с органическими соединениями.

Химический состав зерна ячменя предполагает наличие поверхностно-активных свойств в продуктах его переработки. Эти свойства дают возможность расширения спектра технологического использования зерна ячменя в пищевой промышленности, в частности в продуктах с эмульсионной структурой [86].

Содержание белковых веществ в зерне ячменя колеблется от 7 до 25 %. Абсолютное содержание азота в крупных и мелких зернах в пределах колоса или отдельного ряда в колосе остается примерно одинаковым. В процентном отношении содержание белка в крупном зерне ячменя всегда меньше по сравнению с мелким. По данным лаборатории биохимии ВИР, содержание отдельных групп белков в зерне ячменя колеблется в значительных пределах в зависимости от места и условий выращивания, а также от сорта [106].

Для пленчатого ячменя характерны плотносросшиеся с зерновкой цветковые пленки, которые требуют сильного механического воздействия для их удаления при шелушении. Чтобы изменить технологические свойства зерна и облегчить удаление, используют специальные методы обработки. В.А. Афанасьев отметил три основные группы: термическую, гидротермическую и термомеханическую [3].

Голозерные формы овса и ячменя по содержанию белка, жира и калорийности существенно превосходят пленчатые [69]. Голозерный ячмень как высокобелковая культура представляет особый интерес в хлебопечении для выпечки определенных сортов хлеба. Добавление 30 %-й ячменной муки к ржаной или пшеничной позволяет получить хлеб высокого качества и с пониженной кислотностью, поэтому он может употребляться при некоторых заболеваниях желудочно-кишечного тракта [86].

При изучении 49 образцов голозерного ячменя было установлено, что содержание белка у этих образцов варьировало от 14,6 до 17,0 %. В то же время содержание белка у пленчатых ячменей достигало только 13 %. Содержание белка в зерне ячменя обусловлено генотипом, несмотря на большую фенотипическую изменчивость признака. Видимо, поэтому в определении содержания белка в зерне яч-

меня большое значение имеет происхождение образцов. Эти авторы обобщили огромный материал и дали сравнительную характеристику двурядных и шестирядных пленчатых и голозерных ячменей по содержанию белка и лизина. Они показали, что голозерные ячмени Японии содержат белка на 0,9 % больше, чем пленчатые ячмени, а голозерные ячмени Таджикистана уступали пленчатым на 0,5–1,6 %. Они также показали, что в пределах каждой изученной группы голозерного ячменя различного географического происхождения имеются образцы с повышенным и пониженным содержанием белка. Содержание лизина в зерне голозерного ячменя составило 0,65 %, а в зерне пленчатого ячменя – 0,44 %. По содержанию аргинина и гистидина превышение показателей в голозерном ячмене больше на 28 %, чем в пленчатом ячмене. По содержанию лейцина и изолейцина голозерный ячмень превосходил пленчатый на 42,8 %. Сумма аминокислот в голозерном ячмене была выше на 52,4 %, чем в пленчатом ячмене и составила соответственно 16,4 и 10,7 %. Белки ячменя неоднородны по своему составу и свойствам. Они состоят из белковых фракций, извлекаемых различными растворителями. Содержание альбуминов колеблется от 7,5 до 28,8 % (среднее 12,5 %), глобулинов – от 7,0 до 21,9 % (среднее 12,7 %), глютеинов – от 18,0 до 47,5 % (среднее 27,0 %). Методом электрофореза было показано, что фракции ячменя гетерогенны и состоят из компонентов, различающихся по своим физико-химическим свойствам, в том числе по электрофоретической подвижности. Электрофоретические спектры белков специфичны для сортов. Голозерные ячмени, полученные из трех разных генетических банков, значительно различались по гордеиновым спектрам. Различия были установлены по четырем спектрам для D формы гордеинов, по 12 – для C-формы и по 13 – для B-формы, что свидетельствует о значительном полиморфизме [90].

Углеводный комплекс ячменя включает крахмал (45–65 %), гемицеллюлозу (6–7 %), растворимые сахара (1,2–2,8 %), декстрины (2,7–4,2 %), гумми и слизи (6–8 %), β -D-глюкан и пектиновые вещества (1,6–1,9 %). Все эти вещества оказывают положительное или отрицательное влияние на технологические свойства ячменя. Повышенное содержание крахмала увеличивает пивоваренную ценность ячменя, так как экстрактивные вещества солода состоят в основном из сахаров, образуемых из крахмала. В то же время избыточное содержание гемицеллюлозы и β -глюканов отрицательно влияет на пивоваренные свойства ячменя. Поэтому необходимы исследования

по содержанию запасных веществ не только у пленчатых, но и голозерных ячменей. К сожалению, данных по химическому составу голозерных ячменей не так уж много. Только в одной работе нашли некоторые показатели, характеризующие содержание крахмала и жира у различных форм голозерного ячменя [113]. Авторы этого исследования условно разделили весь экспериментальный материал на четыре группы в зависимости от содержания протеина: с низким ($< 12\%$), средним ($12,1-14,0\%$), высоким ($14,1-17\%$) и очень высоким содержанием протеина ($> 17\%$). Оказалось, что в трех первых группах разница в содержании крахмала между голозерными и пленчатыми формами была незначительной ($0,5-1,5\%$). Но в четвертой группе она составила $5,2\%$. Это может быть свидетельством единства процессов синтеза запасных питательных веществ у ячменя. В целом указанные авторы пришли к заключению, что сорта голозерного ячменя превосходили по содержанию крахмала сорта пленчатого ячменя и что содержание крахмала у ячменя в сильной степени зависит от условий выращивания. В отличие от пленчатого ячменя, голозерный ячмень существенно богаче β -глюканом. Жировые вещества особого питательного значения не имеют, но они участвуют в сложных адсорбционных процессах, связанных с жизнедеятельностью клеток, и регулировании проницаемости их оболочек. Амплитуда изменчивости содержания жира в зерне ячменя небольшая и составляет $2-4\%$. Сорта голозерного ячменя, как правило, содержат жира больше, чем пленчатые [90].

Как отмечали Н.И. Чернышева, И.Г. Панин, в зерне злаковых культур есть как положительные (зерно ячменя содержит большое количество лизина среди злаковых культур), так и отрицательные стороны (зерно ячменя больше других накапливает золу, повышено содержание клетчатки, поэтому для ее снижения необходимо производить отделение пленок) [104].

По данным Р. Лукстиня, экструдированная ячменная мука имела приятный сладковатый вкус, слабый запах испеченного хлеба, особенно выраженный при разведении теплой водой [75].

Использование голозерного ячменя впервые было рассмотрено А.Г. Быковцом (1949). Он предложил 4 направления использования: для производства крупы, кормов, пива и хлеба. Как хлебное растение голозерный ячмень не имеет никаких перспектив, так как хлеб из ячменной муки обладает низким качеством: он довольно грубый, сладковатый на вкус, быстро черствеет. Поэтому ячменная мука применя-

ется при выпечке хлеба только как добавка к пшеничной муке. Примесь ячменя к пшенице до 30 % не оказывает отрицательного влияния на вкусовые качества и степень черствости хлеба. Выращивание ячменя для приготовления хлеба и лепешек – вынужденная мера для северных и высокогорных районов, так как там не растут пшеница и рожь [57].

Добавление в тесто из пшеничной муки второго сорта ячменной муки до 10 % незначительно снижает количество отмываемой клейковины и укрепляет ее. Хлеб по качеству приближается к хлебу из одной пшеничной муки [106].

1.4. Теоретические основы процесса экструзионной технологии

Процесс экструзии и соответствующее оборудование начали внедряться в промышленных масштабах в 30-х годах прошлого столетия, хотя первые английские и американские патенты появились в начале XIX века. В отрасли хлебопродуктов процессы экструзии начали широко применяться с организацией производства карбамидного концентрата [49].

В настоящее время быстрое развитие экструзии позволило создать новые пищевые композиции для детского и диетического питания, для удовлетворения нужд самых разных групп населения, в том числе спецконтингента (летчиков, геологов, подводников, туристов), получить продукты, обладающие лечебными, профилактическими и стимулирующими свойствами [58, 83].

Наиболее распространенной областью применения экструзионной технологии в пищевой промышленности сегодня является переработка сельскохозяйственных продуктов, таких как зерно, крупа, мука, крахмал, и их смесей [59].

В соответствии с теорией адекватного питания продукты должны удовлетворять не только физиологические потребности организма человека в полезных компонентах и энергии, но и содержать балластные вещества. Одним из вариантов решения поставленной проблемы является использование в качестве рецептурного компонента экструдированных зерновых продуктов [77].

Из-за разнообразия сырья, форм и способов применения экструдированные изделия классифицируют по следующим категориям: хрустящие хлебцы (крекеры) и бисквиты, завтраки, текстурирован-

ные белки и мясозаменители, диетические продукты, кондитерские изделия, кормовые продукты [53, 84].

В пищевой индустрии экструдирование можно использовать при разработке новых продуктов питания с программируемыми свойствами. Экструзионные продукты имеют высокие потребительские свойства, хорошую усвояемость, низкую обсемененность микроорганизмами, обладают повышенной устойчивостью к окислению и предназначены для самых широких слоев населения. В России же производство экструдатов для пищевых целей пока занимает незначительное место, в основном ограничиваясь выпуском кукурузных палочек.

Известно, что процесс приготовления готовой к употреблению пищи в общем случае включает в себя следующие операции: смешивание различных компонентов, тепловую обработку, варку, формование, транспортировку. Процесс экструзии позволяет проводить все эти операции в одном аппарате.

Процесс экструдирования осуществляется следующим образом. Подготовленное исходное сырье в виде гранул или порошка из бункера питателя через загрузочное отверстие поступает к шнеку, который перемещает ее вдоль корпуса. Продукт внутри рабочей камеры движется по сложной траектории, при этом увеличивается степень сжатия, которая определяется отношением площади рабочего канала к суммарной площади фильер на выходе продукта из профилирующей матрицы [59].

Отличительной особенностью экструзионной техники являются совмещение нескольких технологических операций в одной машине: транспортирования, перемешивания, измельчения, варки, сдавливания и формования; возможность создания новых видов готовой продукции; увеличение скорости протекания химических реакций; высокая степень автоматизации и сокращение обслуживающего персонала. Применение экструзионной технологии при производстве пищевых продуктов обеспечивает глубокие биохимические превращения питательных веществ: углеводов, клетчатки, белков, что способствует повышению их усвояемости и получению экструдатов хорошего качества. Ассортимент пищевой продукции, вырабатываемой экструзионной технологией, включает более 400 наименований. Только в США производится и продается продуктов типа готовых завтраков на сумму более 2 млрд долларов, причем их выпуск увеличивается ежегодно на 3 %. Потребление зерновых завтраков в США в 2001 г. составляло около 5–6 кг на душу населения [13].

В настоящее время в Японии экструзия используется в основном в кормопроизводстве. В этой стране ежегодно производят корма на сумму 700 млн долларов США и 80 % из них – с помощью экструдеров. Остаются популярными в Японии гранулированные и текстурованные пищевые продукты из растительных белков, их годовое производство составляет 17 тыс. т, большинство из них мясозаменители и наполнители [2]. Душевое потребление пищевого концентрата продукции в развитых странах Европы (Германия, Великобритания, Швейцария) составляет примерно от 2 до 7 кг в год, в РФ – в среднем 1,4 кг. В общем потреблении зерновых завтраков доля экструдированных составляет около 15 %. Исследования были направлены в основном на разработку технологии и оценку качества готовой продукции без реального внедрения их в производство: научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию экструдеров проведены в ограниченном количестве. Причиной этого является недостаточная технологическая база для разработки и создания универсальных экспериментальных установок, остро ощущается дефицит в квалифицированных научных кадрах, способных обеспечить реализацию требуемых технологических параметров экструзионного процесса [59].

Уровень потребления в Российской Федерации экструдированных продуктов значительно отстает от уровня, достигнутого в развитых странах.

Из приведенных Л.И. Райхштадтом данных следует, что экструзия – достаточно прогрессивный способ получения качественных продуктов питания, основные преимущества заключаются в гибкости технологических схем, высокой производительности и малых габаритах экструдеров, непрерывности процесса, низкой себестоимости продукции. Однако в России технология не нашла еще широкого развития и требует целого ряда комплексных мер для успешного освоения потребительского рынка пищевых продуктов. В первую очередь это связано с тем, что в перерабатывающих отраслях экструдирование является недостаточно изученным процессом [91].

Одним из основных направлений развития пищевой промышленности является интенсификация технологических процессов, в том числе изменение физико-химических свойств природных сырьевых материалов при воздействии на них различными методами [63, 81, 91].

В настоящее время находит широкое применение экструзия – перспективный способ, обеспечивающий интенсификацию и углуб-

ленную обработку крахмалосодержащего сырья при производстве продуктов питания [9]. В.В. Вашкевич отмечал, что на экструдерах перерабатывается до 12 % сырья и наблюдается тенденция к дальнейшему увеличению объема вырабатываемой продукции [14].

Значительный вклад в развитие теории экструзии внесли такие зарубежные и отечественные ученые, как G. Schenkel, В.Н. Maddock, Z. Tadtner, J.M. McKelvey, J.F. Carley, R.A. Strub, K.S. Mallouk, G.H. Jepson, Ch.I. Cluing, I. Melcion, P.B. Торнер, В.А. Силин, И.Э. Груздев, Г.М. Медведев, В.И. Янков, А.Н. Богатырев, В.П. Юрьев, А.И. Жушман, В.Г. Карпов, Л.П. Ковальская, В.П. Первалчук и многие другие [59].

Немаловажные исследования, посвященные изучению возможности использования экструдированной муки разных злаковых культур в хлебопечении, опубликованы D. Paton и W.A. Spatt, K. Seiler, Г.В. Шабуровой с соавторами [105, 121, 123].

Экструзия зерна злаковых позволяет увеличить в них уровень сахаров до 15 %, а декстринов (продуктов гидролиза крахмала) – больше чем в 5 раз [48].

Ряд авторов исследовали степень изменения структуры и свойств крахмала в процессе экструдирования, что определяется, прежде всего физико-химическими свойствами крахмала, количеством влаги, температурными режимами и быстротой механического воздействия [47, 50, 51, 54, 64, 76, 99, 107].

По мнению А.Н. Острикова, для получения экструдатов высокого качества необходимо изучить характер изменения физико-химических свойств основных компонентов экструдированного сырья в процессе экструзии с тем, чтобы выбрать оптимальный режим гидротермической обработки смеси. Так, с целью снижения энергетической и повышения питательной ценности кондитерских изделий во Франции получили распространение продукты переработки пшеничных отрубей (препарат BIOSOW), вырабатываемые методом варки. BIOGERM отличается высоким содержанием аминокислот, в том числе незаменимых (0,97–1,62 % лизина) и витаминов (2,8–3,6 % витамина Е и 0,6–0,63 % витамина В₁), содержит большое количество балластных веществ; при добавлении его в крекеры содержание в них балластных веществ составляет 21 %. Также во многие пищевые продукты в процессе их производства с целью придания им желаемых

свойств добавляют натуральные и синтетические добавки. Пищевые добавки увеличивают стойкость продукта к различным видам порчи, улучшают вкусовые достоинства, сохраняют его структуру и внешний вид, обогащают пищевыми волокнами и т.д. Ряд ученых установили, что для получения качественного продукта экструдаты не должны увлажняться выше 11 %, так как они начинают слипаться, уменьшаются в объеме и теряют структуру, а в конце каждой зоны сушки экструдаты должны быть высушены до влажности 6%. Поэтому режимы нанесения на экструдаты добавок и их сушки в каждой зоне должны быть одинаковыми [82].

В настоящее время экструдирование широко применяется в макаронной, кондитерской, хлебопекарной, крахмалопаточной, пище-концентратной, мясной, рыбной и комбикормовой отраслях промышленности [58].

Под действием различных факторов (давления, теплоты и влаги) белки претерпевают изменения, обозначаемые общим термином «денатурация» [58, 93, 122].

Исследование влияния экструзионной обработки на изменение свойств белковых компонентов зерновых культур показало, что при температуре 150 °С и давлении 1,4–4,0 МПа происходит частичная денатурация белков. Массовая доля нативного белка в экструдате при производстве пищевых продуктов составляла 60–90 % от исходного их количества (обычно около 90 %) [125]. Экструзионная обработка незначительно уменьшает содержание белка в зерновом сырье в связи с образованием летучих азотистых соединений при реакции Майара [115, 120].

По данным ученых, наличие в обрабатываемой массе большего или меньшего количества воды изменяет ее реологические свойства [15, 117].

По мнению О.В. Smith, при переходе биополимеров в вязкотекучее состояние, когда происходит денатурация белков и желатинизация крахмала, ориентация цепей протекает в зоне дозирования, предматричной зоне и непосредственно в матрице [124].

В экструдированном сырье содержатся в небольшом количестве жиры, клетчатка, минеральные вещества, ферменты, сахара [10, 81]. Снижение содержания жира (на 50–55 %) при экструзионной обработке объясняется образованием аминоклипидных комплексов и тер-

мической деградацией и паровой диссоциацией [119].

На основании анализа источников литературы по экструзионной обработке выявлено, что в результате экструдирования происходят существенные качественные и структурные изменения обрабатываемого сырья, определяющие пищевую ценность: в белках, углеводах, жирах, витаминах [60, 78, 87, 102, 116].

Е.М. Люнина отмечает, что в качестве варьируемых параметров были выбраны: температура экструдирования, °С; влажность сырья, %; длительность отволаживания сырья, мин, которые влияют на содержание водорастворимых веществ и набухаемость экструдата [76].

А.А. Доржиева отмечает, что основными регулируемыми режимами, влияющими на качество экструдатов, являются влажность сырья, температура обработки и его давление в экструдере, которое создается различной скоростью вращения шнеков [50].

О.В. Абрамов, В.Е. Бабенко, С.В. Краус, А.С. Рудометкин, В.А. Терлецкая, Л.К. Хакимова, В.П. Юрьев определили основные технологические параметры, влияющие на изменение физико-химических показателей при экструдировании: температура и давление; влажность экструдированного сырья; продолжительность нахождения продукта в рабочей зоне экструдера; частота вращения пресующего инструмента [2, 5, 70, 92, 97, 101, 108].

Ряд ученых отмечают, что все вышеперечисленные параметры значительно влияют на качество экструдированного сырья, его физико-химические свойства [58, 82].

А.И. Жушман отмечал, что, несмотря на большой объем выполненных научно-исследовательских работ, активное внедрение экструзии в отечественной пищевой промышленности сдерживается рядом факторов: недостаточной подготовкой квалифицированных кадров, способных разрабатывать и грамотно эксплуатировать экструзионную технику и технологию; слабой технологической базой для разработки и создания экспериментальных установок, способных обеспечить реализацию технологических параметров процесса; отсутствием отечественных лабораторных установок различных модификаций и др. Широкое внедрение экструзионной технологии в отечественной пищевой промышленности станет возможным при условии изучения богатого опыта и технологических знаний, накопленных зарубежными учеными и производственниками в результате длительного использования экструзии как в пищевой, так и в химической промыш-

ленности. Анализ литературы показал, что в области совершенствования технологии главным направлением является разработка новых рецептур исходных смесей и параметров экструзии. При получении качественно новых видов продуктов необходимо совершенствовать известные технологии и разрабатывать современное оборудование при переработке различного сырья [59].

Экструдирование зерна ячменя и овса в пищевой промышленности изучено недостаточно. Анализ существующих работ показал, что современное техническое оборудование перерабатывающей отрасли позволяет повысить эффективность функционирования технологических процессов: современный уровень развития науки и техники позволяет разработать технологию получения муки с использованием экструдирования и производства мучных кондитерских и хлебобулочных изделий на ее основе.

1.5. Технологическая схема получения муки

А.Н. Остриковым было установлено, что характер, интенсивность протекания процесса экструзии и глубину физико-химических изменений экструдата определяют основные технологические параметры: температура и давление экструдруемого материала перед матрицей; его влажность; продолжительность нахождения продукта в рабочей зоне экструдера; конструкция матрицы; частота вращения прессующего шнека; конструкция шнековой части экструдера [82, 83].

На основании исследования данных, приведенных в научной литературе, нами были выбраны такие технологические параметры, как температура и продолжительность нахождения продукта в рабочей зоне экструдера.

Прием зерна овса, ячменя и первичная очистка ничем не отличаются от приема и очистки зерна пшеницы (рис. 1.1). Прием зерна на переработку осуществляется через существующее приемное устройство и поступает на переработку по технологической линии процесса: автомобиль (самосвал) → приемный бункер 1.19 → магнитный сепаратор 1.18 → нория 1.1 → вибрационный сепаратор 1.2 → воздушный канал 1.3.1 → конвейер винтовой 1.4.1 → накопительные бункера 1.20.1, 1.20.2 → зерноочистительные машины. Учет сырья осуществляется на автомобильных весах, находящихся на территории предприятия.

Очистка зерна овса от примесей и обработка его с доведением до норм качества, установленных для зерна, направляемого на первую драную систему, проводится в следующем порядке: зерно с винтового конвейера *1.4.2–1.4.3* подается на конвейер винтовой (обойка) *1.5.1*, где оно очищается от пыли, шелухи и зерновых щетин. После, через воздушный канал *1.3.2* (рис. 1.2), продукт пневмотранспортом через разгрузитель подается на камнеотборник *1.7*, предназначенный для удаления минеральных примесей, далее пневмотранспортом зерно через разгрузитель подают на два триеракуколеотборника *1.8*, где удаляются примеси менее длинные, чем зерно овса. Затем продукт поступает на пару шелушильных машин *1.9*, где удаляется шелуха с овса. Процесс весьма трудоемкий, поэтому производительность не достаточно высока, следовательно, приходится устанавливать две шелушильные машины.

В проекте после технического перевооружения предусмотрено оборудование: экструдер для получения продукта с повышенной питательной ценностью. После шелушильной машины через разгрузитель зерно подается на пару экструдеров *1.10*.

Технологическая схема подготовки овса к помолу не оборудована бункерами для отлежи зерна, так как в этом нет необходимости, после пневмотранспортом через разгрузитель подается на конвейер винтовой *1.5.2*, затем через воздушный канал *1.3.3* по конвейеру винтовому *1.6.4*, магнитному сепаратору *2.1.1* зерно поступает на вальцовый станок первой драной системы.

После прохождения зерна через камнеотборник, предназначенный для удаления минеральных примесей, блок триеров, в котором удаляются примеси крупнее, чем овес, ячмень и менее крупные, зерно поступает в экструдер.

Далее доведенное до необходимых параметров зерно подается в размольный цех.

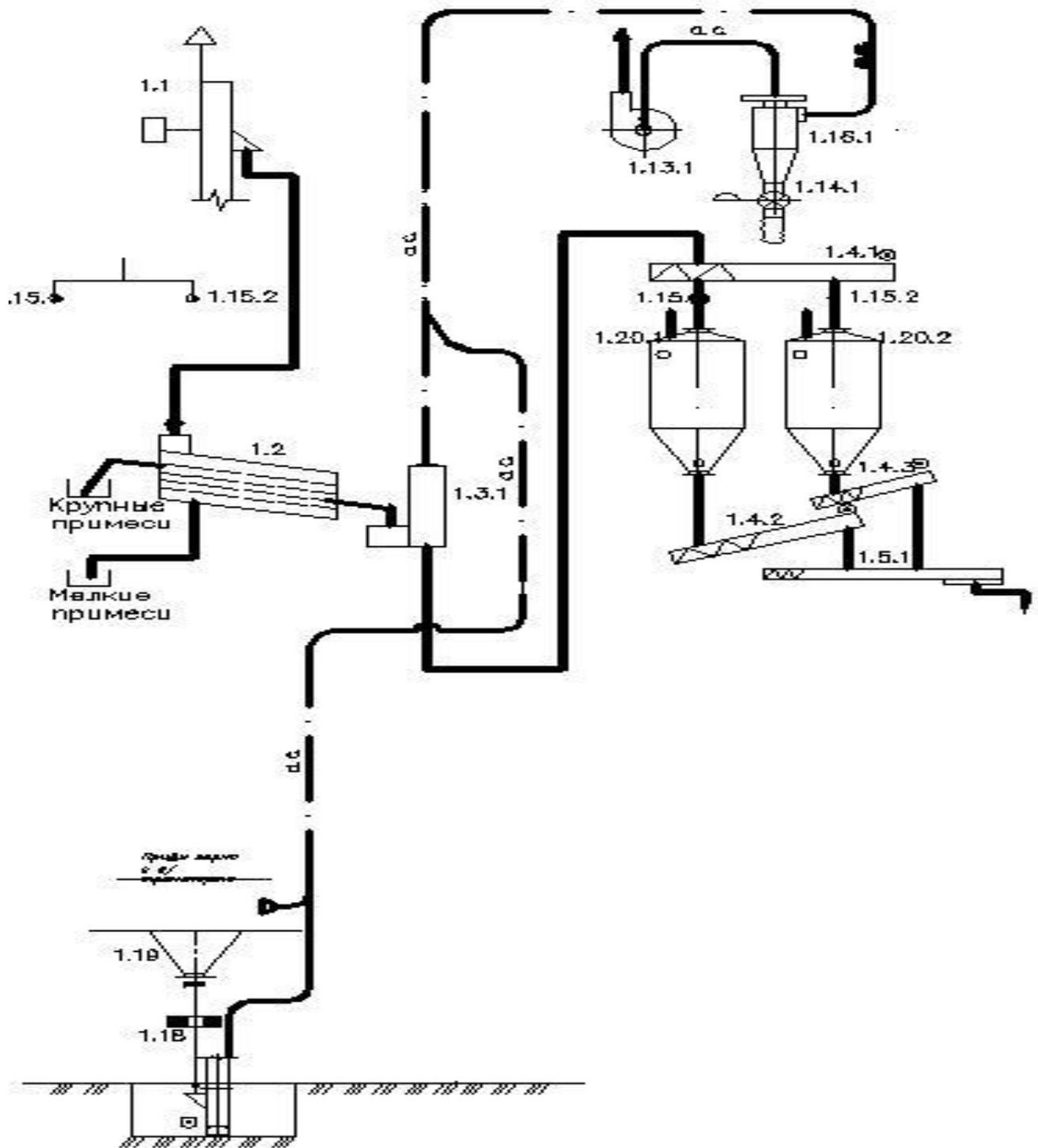


Рисунок 1.1 – Схема приема зерна

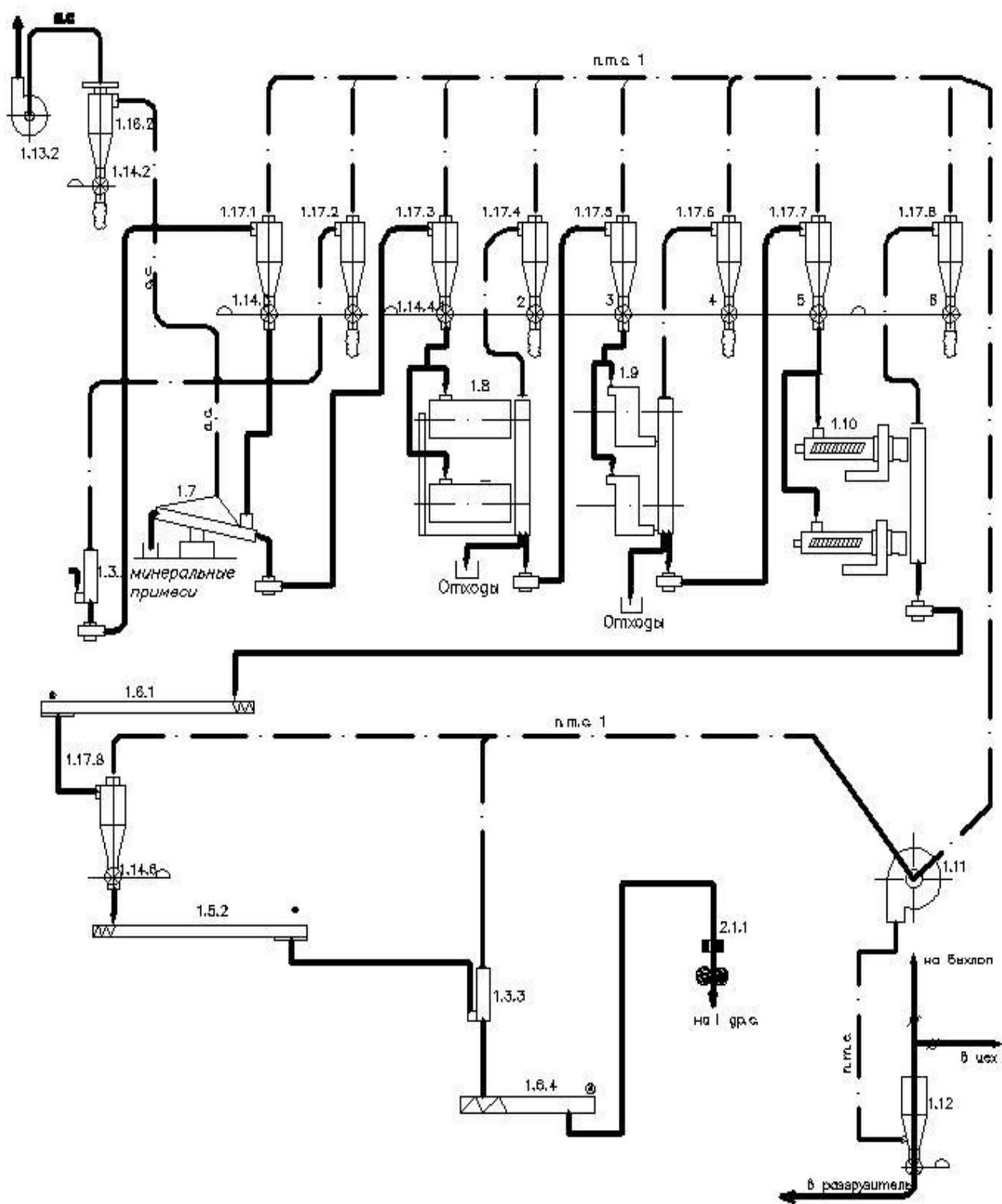


Рисунок 1.2 – Схема подготовки зерна к экструдированию

Экструдированное сырье получали на экструдере марки ЭТР-55 кВт (рис. 1.3).

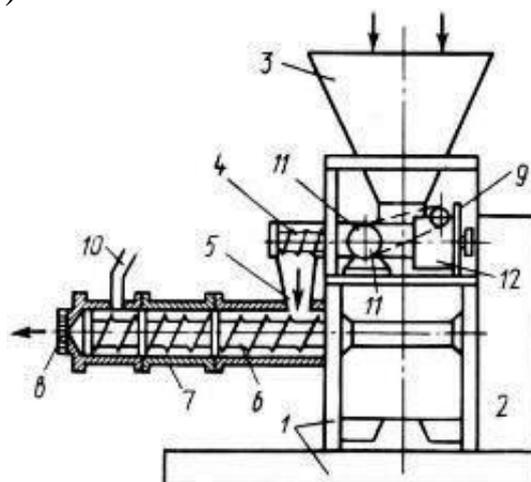


Рисунок 1.3 – Схема устройства экструдера: 1 – основание (рама); 2 – основной привод; 3 – бункер; 4 – питающий шнек-дозатор; 5 – приемная камера; 6 – нагнетающий шнек; 7 – сборный корпус; 8 – матрица; 9 – привод питающего шнека; 10 – термометр; 11 – электродвигатель постоянного тока; 12 – редуктор

Конфигурация червяков и диаметр паровых замков индивидуален для каждой компрессионной камеры и зависит от вида сырья. Приводной вал экструдера заканчивается носовой пулей. В конце ствола экструдера, посредством зажима, устанавливается крышка головки, в которую вкручивается регулировочная конусная головка с выходным отверстием.

Поступающее с помощью питателя из узла загрузки в ствол экструдера сырье продвигается по нему за счет вращения червяков. В процессе продвижения сырья за счет трения происходит его измельчение и нагревание. Подойдя к паровому замку, часть сырья продавливается в зазор между паровым замком и внутренней частью компрессионной камеры, другая часть возвращается назад, создавая противоток. В результате этого экструдат доизмельчается и тщательно перемешивается, создается давление, что увеличивает трение, способствуя этим повышению температуры в компрессионной камере.

Температура и давление увеличиваются по мере прохождения сырья по стволу экструдера от одной компрессионной камеры к другой. В последней камере экструдера температура регулируется за счет изменения зазора между носовой пулей и конусной головкой. Температура может достигать – 180 °С, а давление – 40 атм. Через отверстие в конусной головке экструдированный продукт выбрасывается из ствола экструдера.

Резкий перепад давления при выходе сырья из экструдера приводит к разрыву стенок клеток, в том числе и микроорганизмов, разрушает структуру гранул, разрывает молекулярные цепочки крахмала и частично обезвоживает продукт. В результате повышается энергетическая ценность продукта, происходит его стерилизация и обеззараживание, улучшаются вкусовые качества, происходит более легкий отжим масла (при экструдировании масличных культур).

Температуру в камерах ствола экструдера регулируют навесным пультом управления, укомплектованным цифровым измерителем температуры, на который посредством компенсационных проводов подается сигнал от термопар, установленных в камерах ствола экструдера. Давление в стволе экструдера не регулируется.

Для изменения температуры в стволе экструдера, которая является основным показателем соблюдения технологического режима экструдирования, устанавливаются паровые замки различных размеров. Для снижения температуры используются паровые замки меньшего диаметра, для повышения температуры – большего диаметра. Набор паровых замков различного диаметра входит в состав комплектующих деталей для экструдера.

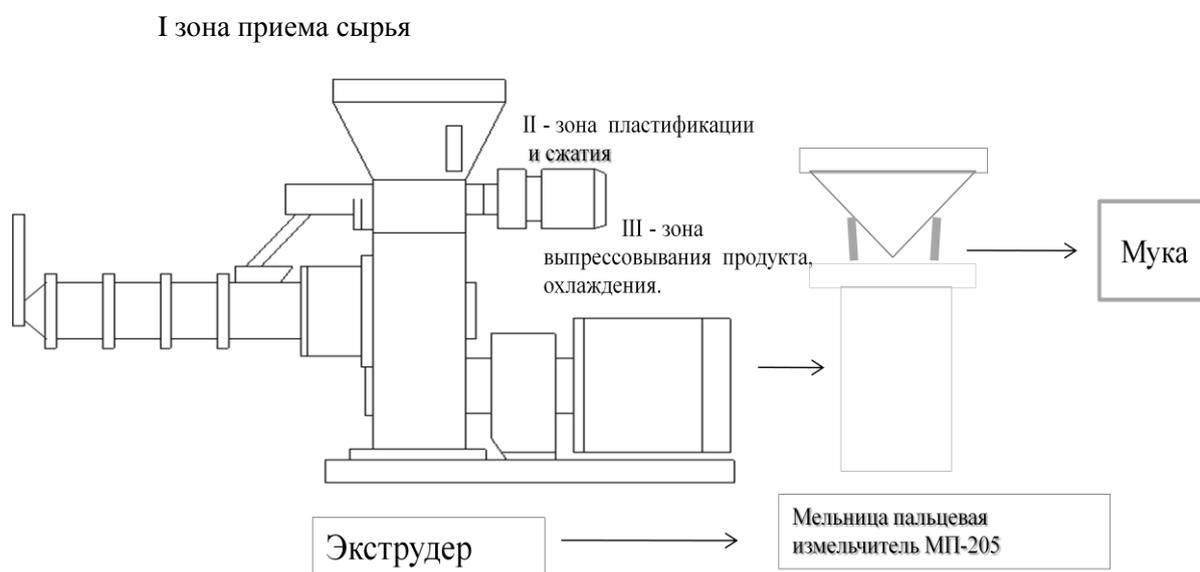


Рисунок 1.4 – Универсальная технологическая схема получения муки

Рабочую часть экструдера с учетом стадий процесса обработки можно условно разделить на три зоны: I – зона приема сырья; II – зона пластификации и сжатия; III – зона выпрессовывания продукта, охлаждения.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ МУКИ ИЗ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ, ОВСА И ИХ АНАЛИЗ

2.1. Физико-химические показатели зерна голозерных и пленчатых форм ячменя, овса в процессе экструдирования

Целью проведенных исследований было получение мучных кондитерских и хлебобулочных изделий из экструдированного зерна пленчатых и голозерных форм ячменя и овса. Известно, что овес богат органическими соединениями железа, кальция, меди и других микроэлементов, витаминами, особенно группы В. Также овес – хороший источник растворимой клетчатки, которая, в отличие от нерастворимой клетчатки пшеницы и зерновых культур, частично усваивается организмом и способствует лучшему обмену веществ. Зерно овса содержит полифенол, который снижает содержание холестерина в крови человека и способствует выведению сахаров [74].

Ячмень имеет достаточно сбалансированный химический состав, содержит большое количество питательных веществ и обладает высокой пищевой ценностью, является важнейшим сырьем для мукомольной и хлебопекарной промышленности, однако не исследован для широкого применения в экструзионном пищевом производстве.

Учитывая полезные свойства ячменя и овса, продукты из экструдированного зерна могут быть использованы в получении мучных кондитерских и хлебобулочных изделий.

Применение экструзионной технологии при производстве пищевых продуктов обеспечивает глубокие биохимические превращения питательных веществ: углеводов, клетчатки, белков – что способствует повышению их усвояемости и получению экстрактов хорошего качества [13]. Одним из основных направлений развития пищевой промышленности является интенсификация технологических процессов, в том числе изменение физико-химических свойств, природных сырьевых материалов при воздействии на них различными методами [63, 81, 91].

В основу исследований по разработке технологии муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса и его использованию в изготовлении мучных кондитерских и хлебобулочных изделий были заложены:

- выбор и изучение оптимальных параметров экструдирования, определяющих технологичность процесса и качество сырья;

- возможность использования муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса при производстве мучных кондитерских и хлебобулочных изделий.

В результате исследования установлены параметры экструдирования, при которых пищевые достоинства сырья улучшаются. Время прохождения продукта через экструдер составляет 30 секунд, а под воздействием максимальной температуры он находится всего 6–9 секунд, за этот период витамины не подвергаются разрушению. В качестве варьлируемых параметров были выбраны температура воздействия на сырье в процессе экструдирования и время прохождения зерна при высоких температурах. Диапазон выбранной температуры 130–180 °С и время прохождения 6–10 секунд. Анализ литературных источников обработки сырья при экструдировании свидетельствует, что температура ниже 130 °С приводит к переувлажнению продукта, а выше 180 °С – к подгоранию [76]. Время прохождения зерна в процессе экструдирования при высокой температуре было определено самостоятельно.

На основании данных литературы и в результате испытаний было отмечено: чем ниже влажность сырья, тем зерно дольше находится при высокой температуре. Если зерно переувлажнить, продукт намного быстрее проходит рабочую зону экструдера и на выходе становится неоднородной структурой. Поэтому время прохождения сырья в экструдере рабочей камеры под воздействием высоких температур зависит от влажности сырья.

С целью получения муки из экструдированного зерна ячменя и овса изучалось изменение качества зерна в процессе воздействия разных температур. В таблице 2.1 представлены результаты физико-химических показателей зерна ячменя и овса до экструдирования.

Таблица 2.1 – Физико-химические показатели зерна ячменя и овса до экструдирования, %

Образец	Влага	Белок	Клетчатка	Жир	Зола	Сахар
Пленчатый ячмень	10,8±0,05	11,26±0,29	6,09±0,08	0,90±0,29	2,56±0,09	6,93±0,29
Голозерный ячмень	9,6±0,05	13,44±0,3	4,52±0,08	1,40±0,23	2,09±0,07	4,91±0,28
Пленчатый овес	10,2±0,03	13,09±0,25	4,4±0,08	2,24±0,29	2,54±0,07	5,64±0,27
Голозерный овес	9,6±0,05	14,14±0,27	4,61±0,08	2,77±0,21	2,12±0,067	2,05±0,25

Исходя из представленных данных можно увидеть различия пленчатых и голозерных форм ячменя и овса по физико-химическим показателям. Из таблицы 2.1 видно, что голозерные формы ячменя и овса содержат больше белка (13,44 и 14,14 %), который по своей пищевой ценности превосходит пленчатые (11,26 и 13,09 %). Растительный белок, в отличие от животного, усваивается организмом почти на 100%. Содержание жира в голозерных формах (1,40 и 2,77 %) значительно выше, чем в пленчатых (0,90 и 2,24 %).

Содержание клетчатки в голозерном ячмене (4,52 %) меньше, чем в пленчатом (6,09 %). Зольность голозерных форм (2,09 и 2,12 %) значительно ниже пленчатых (2,56 и 2,54 %), это говорит о том, что в пленчатых сортах содержится меньше питательных веществ, микро- и макроэлементов. В голозерных формах содержится некоторое количество пленок, которые влияют на процесс его переработки. Чем больше содержание цветковых пленок, тем относительно меньше в зерне питательных веществ. Чем выше зольность, тем больше в ней содержится оболочек, темнее мука и ниже ее сорт [110].

Установлено, что зерно ячменя и овса как пленчатых, так и голозерных форм имеет высокую пищевую ценность, обусловленную высоким содержанием белка, жира, сахара, и позволяет рекомендовать его как сырье для получения продуктов с повышенной пищевой ценностью.

В таблицах 2.2–2.6 представлены результаты по изменению физико-химических показателей температуры в процессе экструдирования голозерных и пленчатых форм зерна ячменя и овса.

Таблица 2.2 – Физико-химические показатели голозерных и пленчатых форм зерна ячменя и овса в процессе экструдирования при 130 °С, %

Образец	Влага	Белок	Клетчатка	Жир	Зола	Сахар
Экструдированный пленчатый ячмень	8,5	10,56	5,68	0,78	2,64	6,69
Экструдированный голозерный ячмень	8,6	13,49	3,02	0,46	2,12	5,96
Экструдированный пленчатый овес	9,1	12,98	3,68	1,95	2,59	5,34
Экструдированный голозерный овес	8,8	13,26	3,54	2,12	2,26	4,03

Таблица 2.3 – Физико-химические показатели голозерных и пленчатых форм зерна ячменя и овса в процессе экструдирования при 150 °С, %

Образец	Влага	Белок	Клетчатка	Жир	Зола	Сахар
Экструдированный пленчатый ячмень	8,1	11,01	5,45	0,64	2,66	7,03
Экструдированный голозерный ячмень	7,3	13,36	4,01	1,02	2,14	6,28
Экструдированный пленчатый овес	7,8	13,26	4,32	1,96	2,62	5,05
Экструдированный голозерный овес	7,4	14,01	4,36	2,04	2,20	6,68

Таблица 2.4 – Физико-химические показатели голозерных и пленчатых форм зерна ячменя и овса в процессе экструдирования при 160 °С, %

Образец	Влага	Белок	Клетчатка	Жир	Зола	Сахар
Экструдированный пленчатый ячмень	6,9	11,13	6,45	0,31	2,81	6,81
Экструдированный голозерный ячмень	7,8	14,69	3,95	0,15	2,24	9,38
Экструдированный пленчатый овес	6,6	14,0	4,2	1,46	2,66	5,46
Экструдированный голозерный овес	5,4	14,50	4,03	1,90	2,30	8,61

Таблица 2.5 – Физико-химические показатели голозерных и пленчатых форм зерна ячменя и овса в процессе экструдирования при 170 °С, %

Образец	Влага	Белок	Клетчатка	Жир	Зола	Сахар
Экструдированный пленчатый ячмень	6,1	10,98	6,25	0,25	3,01	7,02
Экструдированный голозерный ячмень	6,9	13,23	3,56	0,13	2,59	9,56
Экструдированный пленчатый овес	6,2	13,01	3,9	1,16	2,84	6,03
Экструдированный голозерный овес	5,1	13,56	3,25	1,46	2,96	8,98

Таблица 2.6 – Физико-химические показатели голозерных и пленчатых форм зерна ячменя и овса в процессе экструдирования при 180 °С, %

Образец	Влага	Белок	Клетчатка	Жир	Зола	Сахар
Экструдированный пленчатый ячмень	5,6	10,32	6,01	0,15	3,12	7,01
Экструдированный голозерный ячмень	6,2	13,14	2,98	0,09	2,59	9,59
Экструдированный пленчатый овес	5,2	12,8	3,41	1,09	2,76	6,13
Экструдированный голозерный овес	4,4	13,29	3,06	1,32	3,01	8,76

Из данных таблиц 2.2–2.6 видно, что в результате увеличения температуры количество влаги, клетчатки, жира уменьшается, наблюдается незначительное снижение белка в зерне, он становится более усвояемым за счет разрывов внутримолекулярных цепочек, что значительно повышает его ценность. Увеличение содержания сахаров происходит за счет глубокого распада крахмала на простые сахара. Из анализа результатов (таблицы 2.2–2.6) следует, что наиболее оптимальным является образец, на который воздействовали температурой 160 °С в процессе экструдирования, так как при данном условии повысилась пищевая ценность сырья для получения муки из зерна ячменя и овса.

Для подтверждения правильности найденных оптимальных параметров экструдирования зерна ячменя и овса была построена математическая модель изменения физико-химических показателей.

2.2. Безопасность зерна ячменя, овса до и после экструдирования

По степени воздействия на живые организмы свинец отнесен к классу высокоопасных веществ наряду с мышьяком, кадмием, ртутью, селеном, цинком, фтором и бензопиреном [17]. Опасность свинца для человека определяется его значительной токсичностью и способностью накапливаться в организме. В организм человека большая часть свинца поступает с продуктами питания (от 40 до 70 % в разных странах и по различным возрастным группам). Кадмий – очень серьезный загрязнитель, имеет свойство замещать кальций в костях, что влечет за собой нарушения в работе опорно-двигательного и пищеварительного аппарата, эндокринной системы человека. Суперфосфатные удобрения являются одним из источников поступления

кадмия в зерно. Кадмий имеет свойство накапливаться в зерновке растения, не уходя в стебли и корни.

Безопасность зерна определялась в соответствии с ГОСТ 26932-86, ГОСТ 26933-86 [33, 34].

В литературе отсутствуют сведения о воздействии экструзионной обработки на содержание свинца и кадмия в зерне. Нами был проведен анализ сырья на безопасность по изменению содержания кадмия и свинца после экструдирования, было определено, что при экструдировании количество кадмия и свинца в зерне изменяется в пределах ошибки опыта.

В результате исследований исходной продукции все образцы показывали высокий уровень загрязненности микробиальной флорой. Общее микробное число в результате использования технологии экструдирования сократилось в овсе в 45,2 раза, в ячмене – в 61,8 раза. Зерновые до начала обработки содержали достаточно много спор патогенных грибов. После проведения экструдирования патогенных грибов обнаружено не было. Это свидетельствует о том, что данная технология может использоваться не только для получения новых видов изделий, но и для обеззараживания сырья. С учетом того, что патогенные грибы в процессе их роста выделяют токсичные метаболиты – микотоксины, данная технология может в достаточно большой степени решить эту проблему.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что голозерные и пленчатые формы ячменя и овса являются ценным сырьем с точки зрения безопасности.

2.3. Модель изменения физико-химических показателей зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса в зависимости от температуры воздействия на него при экструдировании

Модель изменения физико-химических показателей экструдированного зерна в зависимости от температурного воздействия в процессе экструдирования и времени обработки зерновых включает в себя оценку пленчатого ячменя, голозерного ячменя, голозерного овса и пленчатого овса по содержанию влаги, белка, жира и сахара (%).

Оценка содержания влаги в пленчатом ячмене в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.1):

$$y_1 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = 9809,557756$, $b_1 = -204524,5498$, $b_2 = 1423488,534$, $b_3 = -3300858,874$, $b_4 = -0,07595964433$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 0,9995 %, относительная погрешность – 2,82 %.

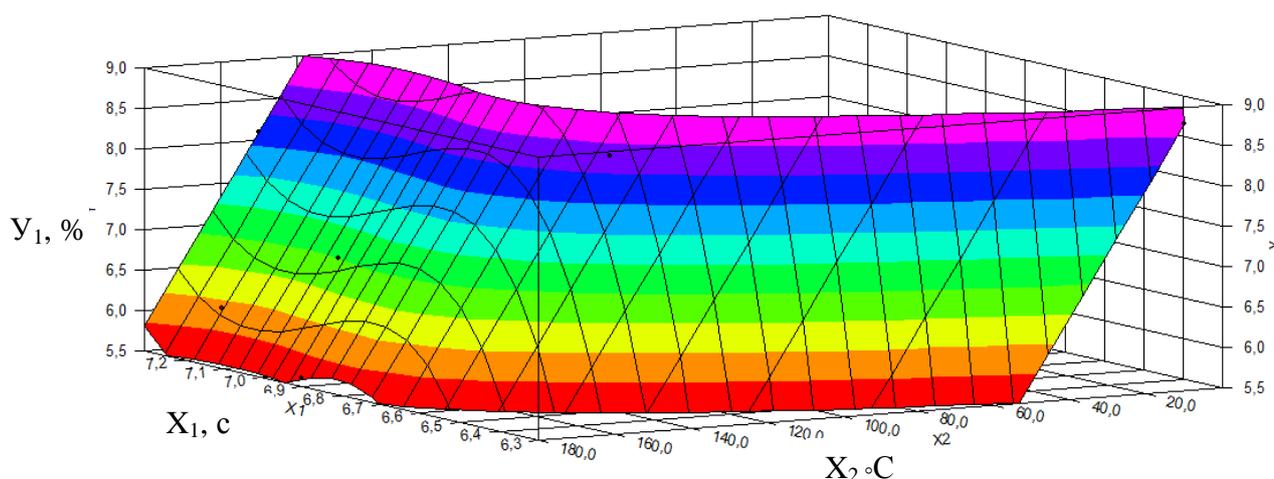


Рисунок 2.1 – Зависимость содержания влаги в ячмене в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания белка в пленчатом ячмене в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.2):

$$y_2 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = -177,5266583$, $b_1 = 4262,049418$, $b_2 = -31681,80187$, $b_3 = 77744,32841$, $b_4 = -0,006057752411$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 97,91%, относительная погрешность – 5,21 %.

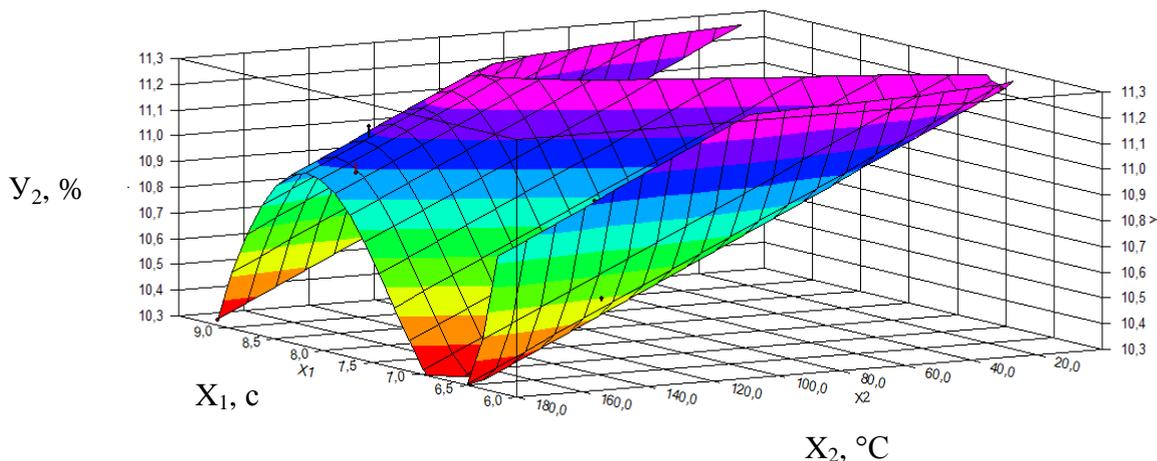


Рисунок 2.2 – Зависимость содержания белка в пленчатом ячмене в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания жира в пленчатом ячмене в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.3):

$$y_3 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = 34,9307918$, $b_1 = -842,378677$, $b_2 = 6717,667404$, $b_3 = -17425,75421$, $b_4 = -0,0009789546081$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 98,69 %, относительная погрешность – 7,92 %.

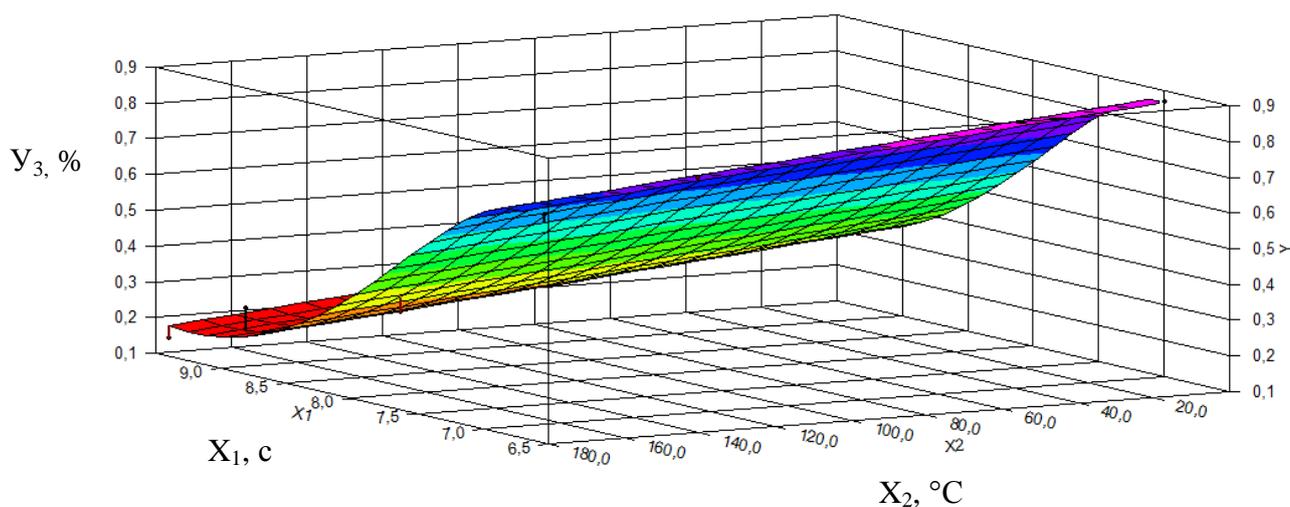


Рисунок 2.3 – Зависимость содержания жиров в пленчатом ячмене в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания сахара в пленчатом ячмене в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.4):

$$y_4 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = 1379,311984$, $b_1 = -30853,92541$, $b_2 = 230784,6379$, $b_3 = -573966,5003$, $b_4 = -0,006812005486$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 98,17 %, относительная погрешность – 4,18 %.

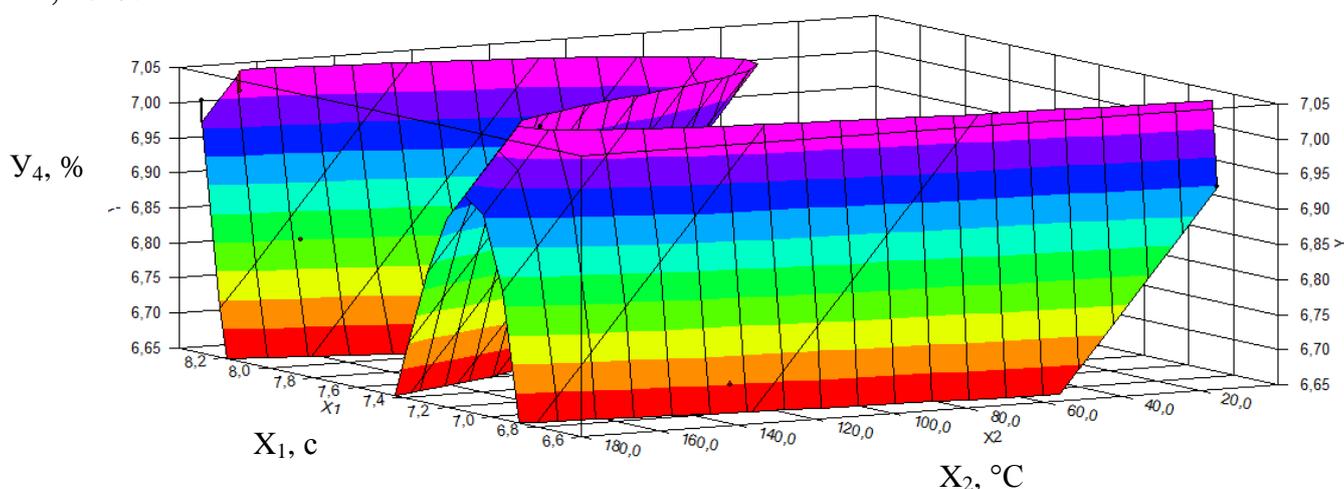


Рисунок 2.4 – Зависимость содержания сахара в пленчатом ячмене в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания влаги в голозерном ячмене в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.5):

$$y_1 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = -5249,283932$, $b_1 = 118063,7519$, $b_2 = -882332,1339$, $b_3 = 2192738,735$, $b_4 = 0,02688513272$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,99 %, относительная погрешность – 2,25 %.

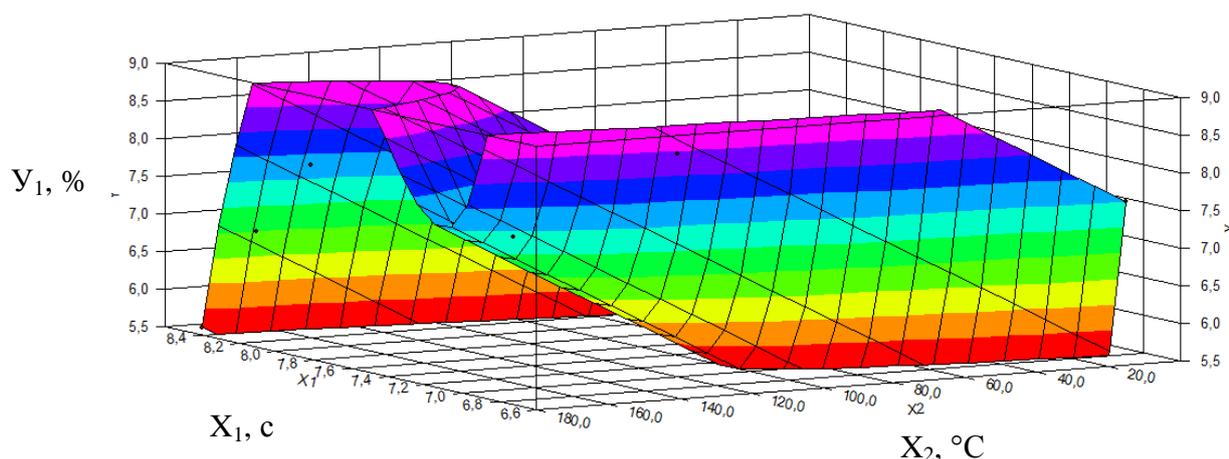


Рисунок 2.5 – Зависимость содержания влаги в голозерном ячмене в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания белка в голозерном ячмене в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.6):

$$y_2 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = -2764,210487$, $b_1 = 62607,14681$, $b_2 = -469400,0531$, $b_3 = 1170128,893$, $b_4 = 0,01198513531$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 90,92 %, относительная погрешность – 0,41 %.

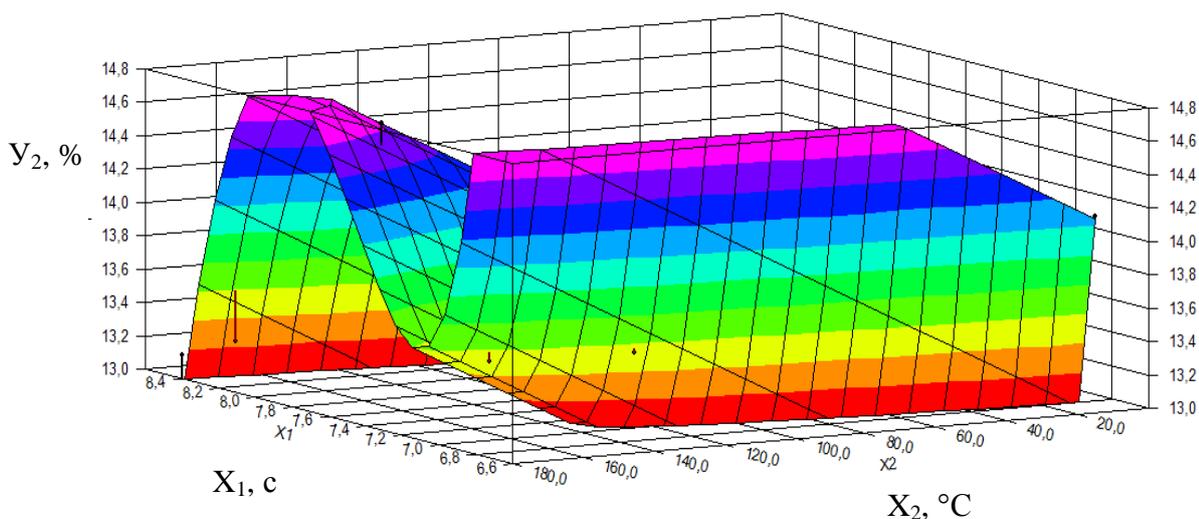


Рисунок 2.6 – Зависимость содержания белка в голозерном ячмене в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания жира в голозерном ячмене в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.7):

$$y_3 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = -7629,454753$, $b_1 = 3086,741722$, $b_2 = -415,4745434$, $b_3 = 18,62184168$, $b_4 = -0,04117683589$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,89 %, относительная погрешность – 0,38 %.

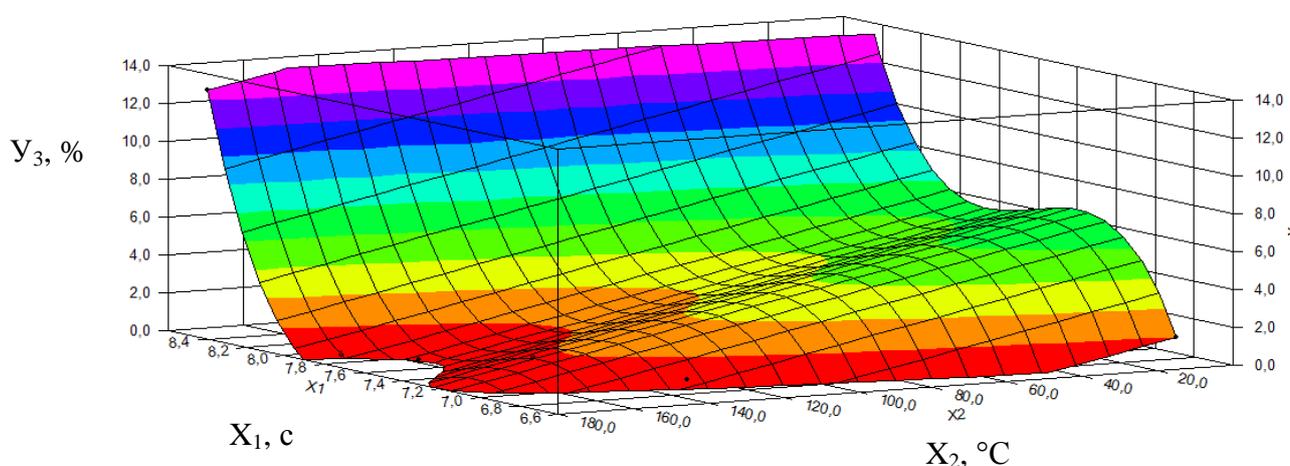


Рисунок 2.7 – Зависимость содержания жира в голозерном ячмене в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания сахара в голозерном ячмене в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.8):

$$y_4 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = -9667,465889$, $b_1 = 216013,7728$, $b_2 = -1606101,078$, $b_3 = 3972932,373$, $b_4 = 0,05981754699$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,99 %, относительная погрешность – 0,06 %.

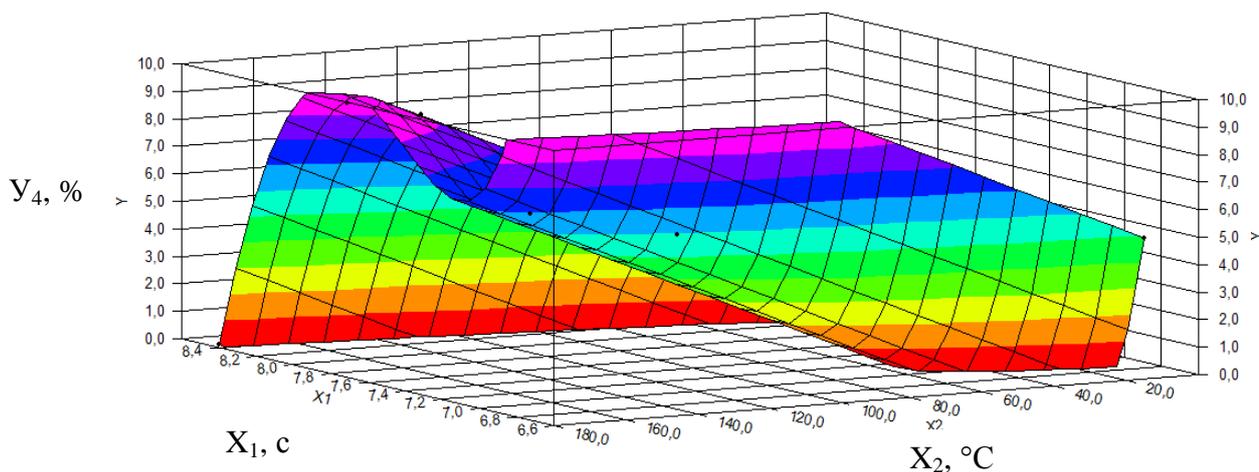


Рисунок 2.8 – Зависимость содержания сахара в голозерном ячмене в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания влаги в голозерном овсе в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.9):

$$y_1 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = 4545,266749$, $b_1 = -101032,7983$, $b_2 = 747277,7348$, $b_3 = -1836147,62$, $b_4 = -0,00402280491$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,99 %, относительная погрешность – 0,11 %.

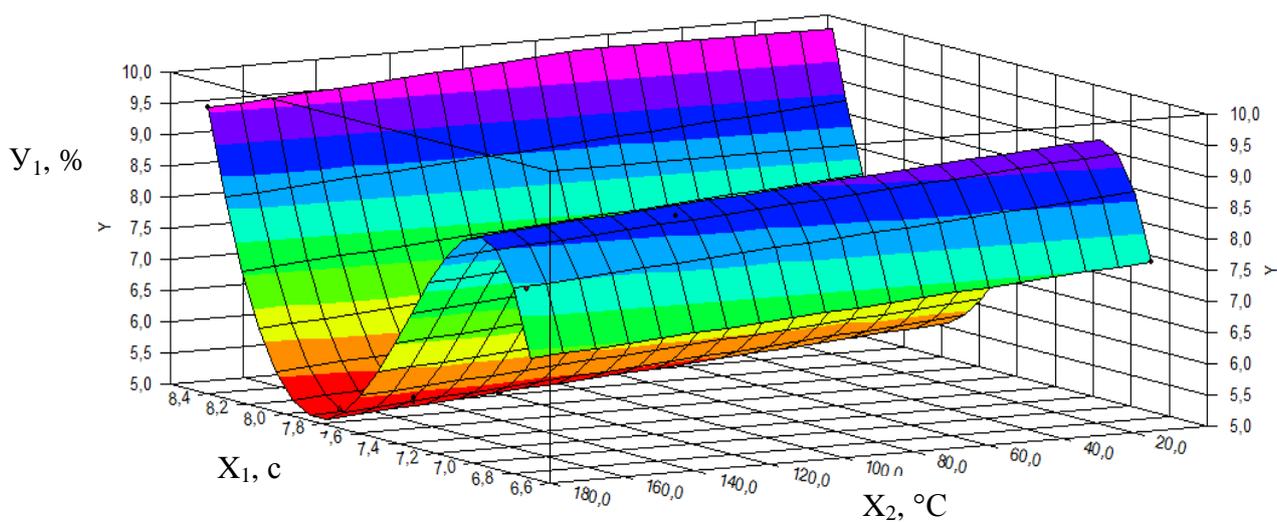


Рисунок 2.9 – Зависимость содержания влаги в голозерном овсе в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания белка в голозерном овсе в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.10):

$$y_2 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = 3402,912699$, $b_1 = -1405,183171$, $b_2 = 193,8024406$, $b_3 = -8,890090436$, $b_4 = -0,002678090183$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,99 %, относительная погрешность – 1,12 %.

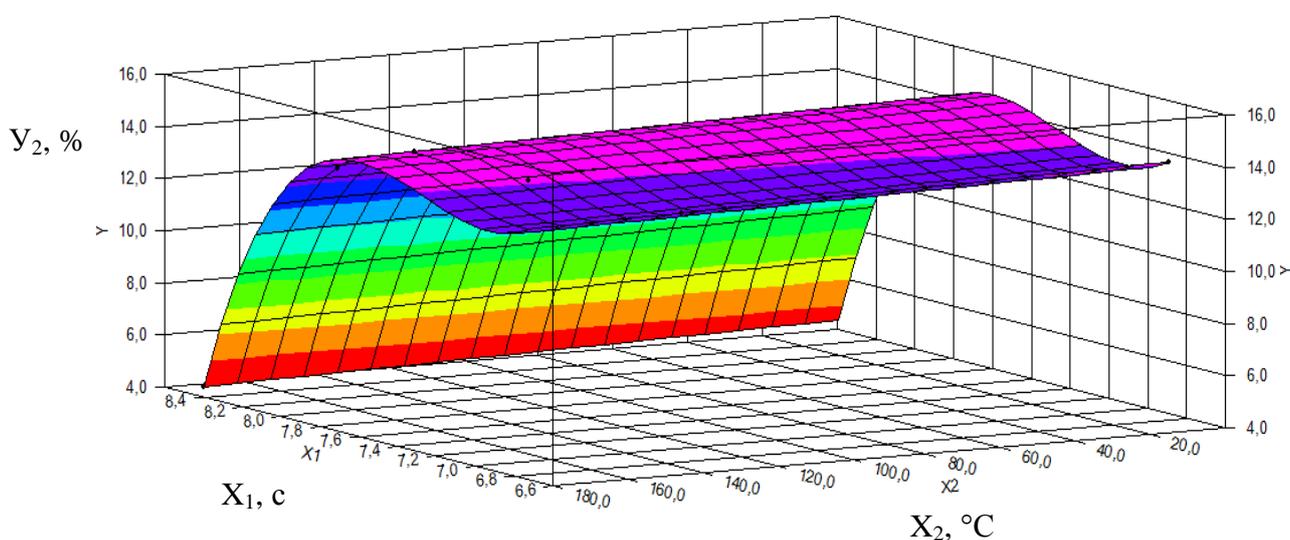


Рисунок 2.10 – Зависимость содержания белка в голозерном овсе в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания жира в голозерном овсе в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.11):

$$y_3 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = -6214,348331$, $b_1 = 2523,82274$, $b_2 = -340,9278469$, $b_3 = 15,33462981$, $b_4 = -0,03078598443$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,41 %, относительная погрешность – 0,78 %.

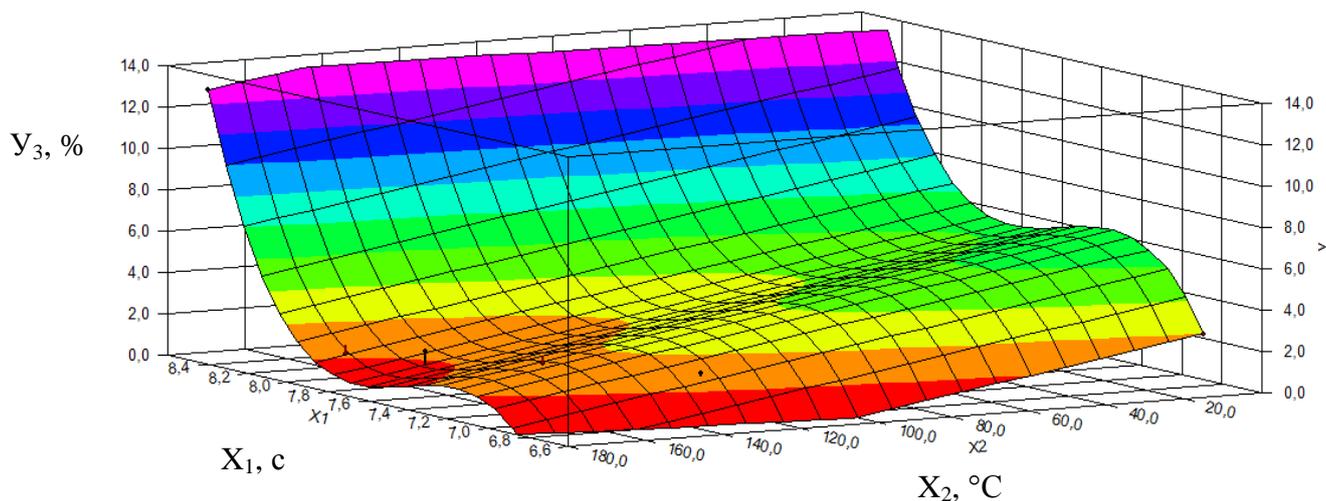


Рисунок 2.11 – Зависимость содержания жира в голозерном овсе в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания сахара в голозерном овсе в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.12):

$$y_4 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = 3723,561029$, $b_1 = -1544,381937$, $b_2 = 212,7834641$, $b_3 = -9,729201134$, $b_4 = 0,01731834088$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,85 %, относительная погрешность – 0,28 %.

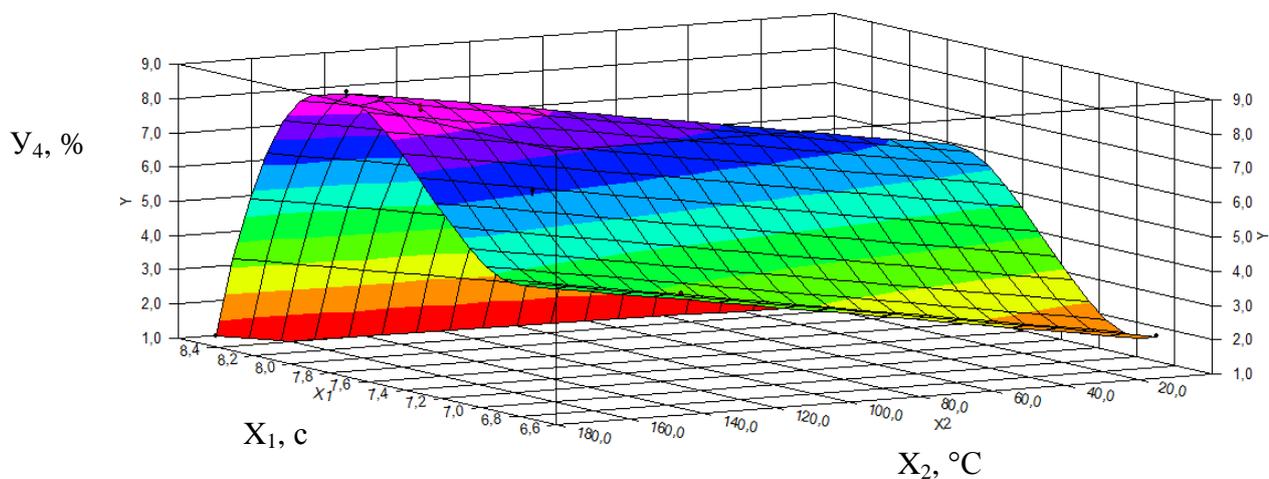


Рисунок 2.12 – Зависимость содержания сахара в голозерном овсе в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания влаги в пленчатом овсе в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.13):

$$y_1 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = -1635,830589$, $b_1 = 681,3383907$, $b_2 = -93,62342407$, $b_3 = 4,261626411$, $b_4 = 0,008471079451$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,56 %, относительная погрешность – 0,17 %.

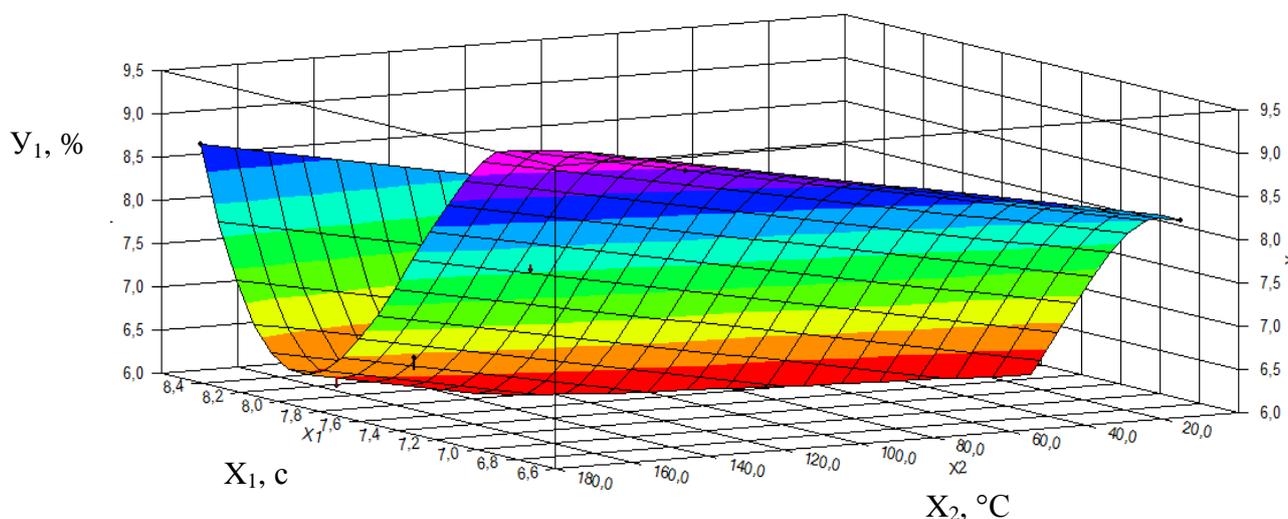


Рисунок 2.13 – Зависимость содержания влаги в пленчатом овсе в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания белка в пленчатом овсе в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.14):

$$y_2 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = -5270,612715$, $b_1 = 116251,9686$, $b_2 = -851922,5503$, $b_3 = 2078417,959$, $b_4 = 0,01858079176$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,96 %, относительная погрешность – 0,14 %.

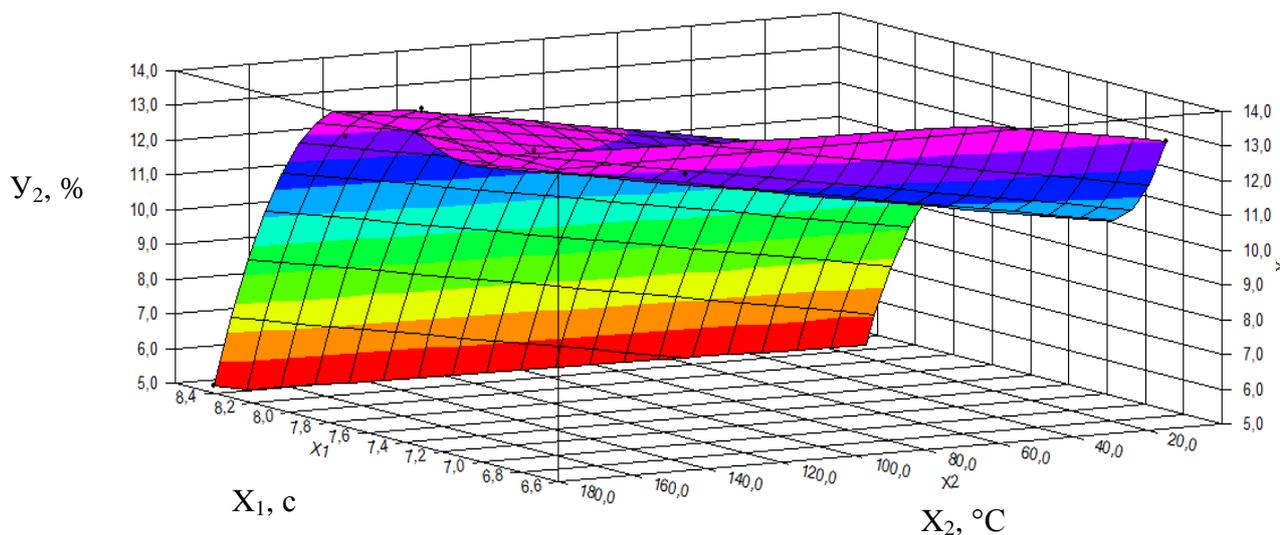


Рисунок 2.14 – Зависимость содержания белка в пленчатом овсе в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания жира в пленчатом овсе в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.15):

$$y_3 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = -4729,354975$, $b_1 = 1942,833822$, $b_2 = -265,4604306$, $b_3 = 12,07369269$, $b_4 = -0,01631887013$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,14 %, относительная погрешность – 0,96 %.

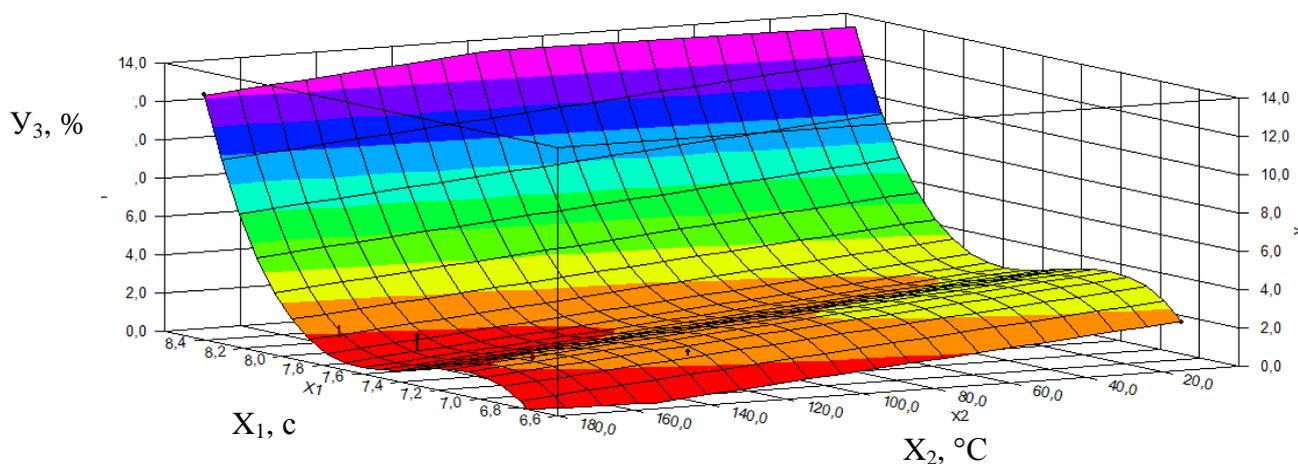


Рисунок 2.15 – Зависимость содержания жира в пленчатом овсе в процессе экструдирования при различных температурах

Оценка содержания сахара в пленчатом овсе в процессе экструдирования представлена следующей зависимостью (рис. 2.16):

$$y_4 = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \frac{b_3}{x_1^3} + b_4 x_2,$$

где x_1 – время обработки; x_2 – температура воздействия; $b_0 = 3547,119047$, $b_1 = -1424,925632$, $b_2 = 190,6813731$, $b_3 = -8,492805955$, $b_4 = 0,01450013542$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации – 99,01 %, относительная погрешность – 0,41 %.

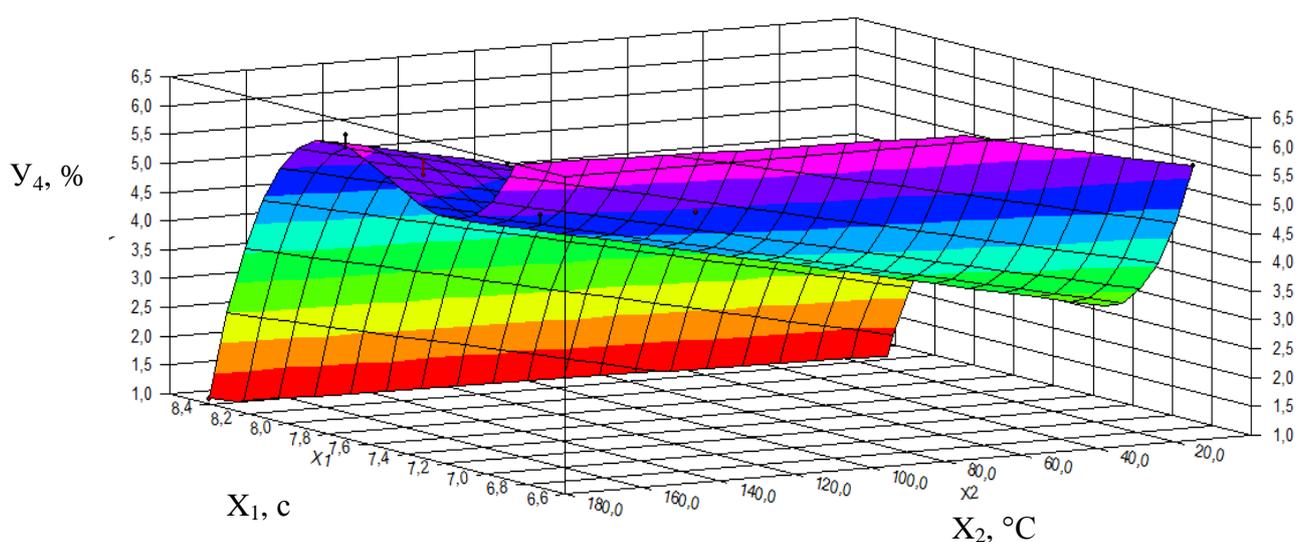


Рисунок 2.16 – Зависимость содержания сахара в пленчатом овсе в процессе экструдирования при различных температурах

В целом по модели коэффициент детерминации превышает 95 %, а относительная погрешность не превосходит 5 %, поэтому модель была использована в прогнозных целях. В результате расчетов найдена оптимальная температура при экструдировании зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса – 160 °С.

Дальнейшие наблюдения за изменением физико-химических показателей сырья проводили при температуре экструдирования 160 °С. В винтовых рабочих органах экструдера зерно подвергалось кратковременному, но очень интенсивному механическому и баротермическому воздействию. При этом в нем происходили сложные структурно-механические и химические изменения. В процессе экструдирования содержание влаги, жира снижается за счет воздействия высокой

температуры, крахмал распадается на простые сахара, вредная микрофлора обеззараживается, а витамины и аминокислоты, содержащиеся в злаках, благодаря кратковременности процесса сохраняются практически полностью.

Увеличение времени прохождения зернового сырья в экструдере приводит к уменьшению содержания влаги. В зерне при экструдировании 160 °С содержание влаги снижается в зависимости от времени нахождения в экструдере. При этом качество экструдированного зерна ячменя и овса не превышает предельно допустимых норм. Чем меньше влажность зерна, тем дольше его можно хранить (табл. 2.7, рис. 2.17).

Таблица 2.7 – Содержание влаги в зерне ячменя и овса после экструдирования

Образец	Время прохождения, с					
	6	6,5	7,6	8,2	9,1	10
Экструдированный пленчатый ячмень	7,0	7,0	6,9	6,7	6,4	6,3
Экструдированный голозерный ячмень	8,0	7,9	7,8	7,5	7,2	7,2
Экструдированный пленчатый овес	6,9	6,9	6,6	6,3	6,2	6,0
Экструдированный голозерный овес	5,7	5,6	5,4	5,2	5,0	5,0

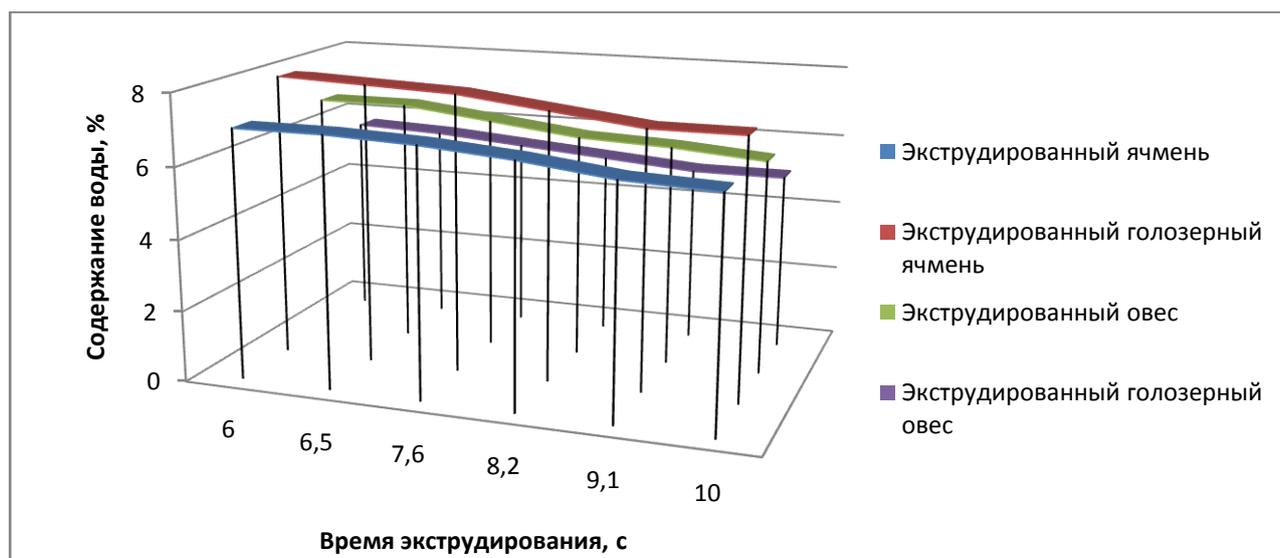


Рисунок 2.17 – Содержание влаги в зерне в зависимости от времени прохождения в рабочей камере экструдера

Из таблицы 2.8 и рисунка 2.18 видно, что в результате увеличения времени нахождения сырья в экструдере наблюдается незначительное уменьшение белка. Как видно из литературы, белок является вторым (после крахмала) по значимости компонентом сырья [56, 79]. Данная методика обработки зерна позволяет не только сохранять имеющийся белок, но и получать новый вид продукта с повышенным его содержанием. Белок после экструдирования становится более усвояемым за счет разрывов внутримолекулярных цепочек, что значительно повышает его ценность.

Таблица 2.8 – Содержание белка в зерне ячменя и овса после экструдирования

Образец	Время прохождения, с					
	6	6,5	7,6	8,2	9,1	10
Экструдированный пленчатый ячмень	11,13	11,1	11,0	11,01	10,91	10,95
Экструдированный голозерный ячмень	14,69	14,51	14,3	14,3	14,13	14,1
Экструдированный пленчатый овес	14,0	13,89	13,5	13,54	13,24	13,01
Экструдированный голозерный овес	14,5	14,0	13,8	13,8	13,01	13,0

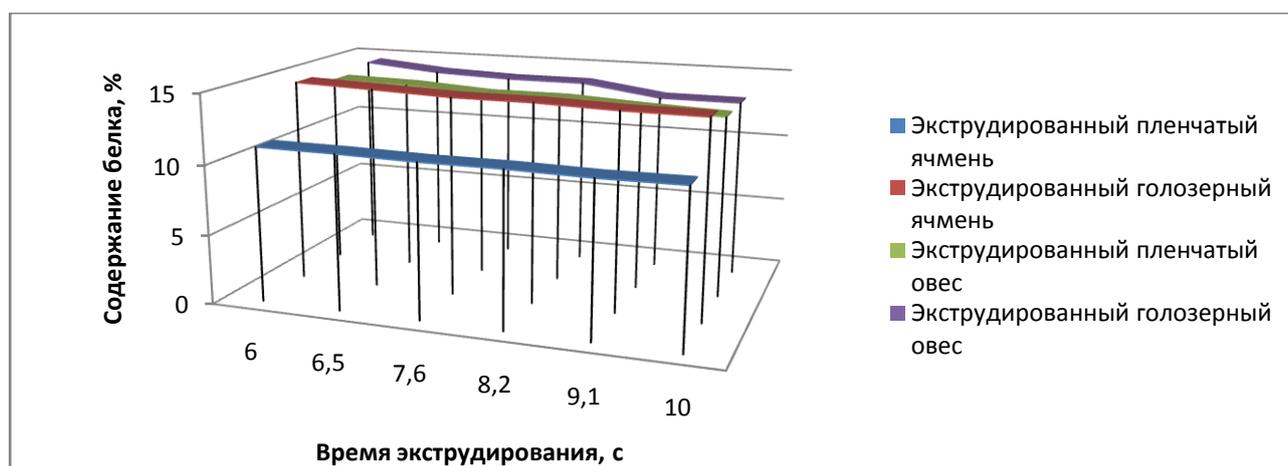


Рисунок 2.18 – Содержание белка в зерне в зависимости от времени прохождения в рабочей камере экструдера

Клетчатка – трудноперевариваемый углевод, который в значительном количестве представлен в растительном сырье [102]. По данным А.С. Рудометкина, обработка клетчатки в экструдере изменяет ее физико-химические свойства и физиологические качества, содержание диетической клетчатки увеличивается [92].

В результате исследования сырья после экструдирования было отмечено снижение клетчатки, так как происходил ее распад на вторичный сахар. Чем дольше находится зерновое сырье при высоких температурах, тем количество ее незначительно уменьшается (табл. 2.9, рис. 2. 19).

Таблица 2.9 – Содержание клетчатки в зерне ячменя и овса после экструдирования

Образец	Время прохождения, с					
	6	6,5	7,6	8,2	9,1	10
Экструдированный пленчатый ячмень	6,45	6,45	6,01	5,98	5,77	5,66
Экструдированный голозерный ячмень	3,95	3,93	3,42	3,35	3,02	3,00
Экструдированный пленчатый овес	4,2	4,18	3,99	3,87	3,33	3,23
Экструдированный голозерный овес	4,03	4,00	3,88	3,79	3,54	3,34

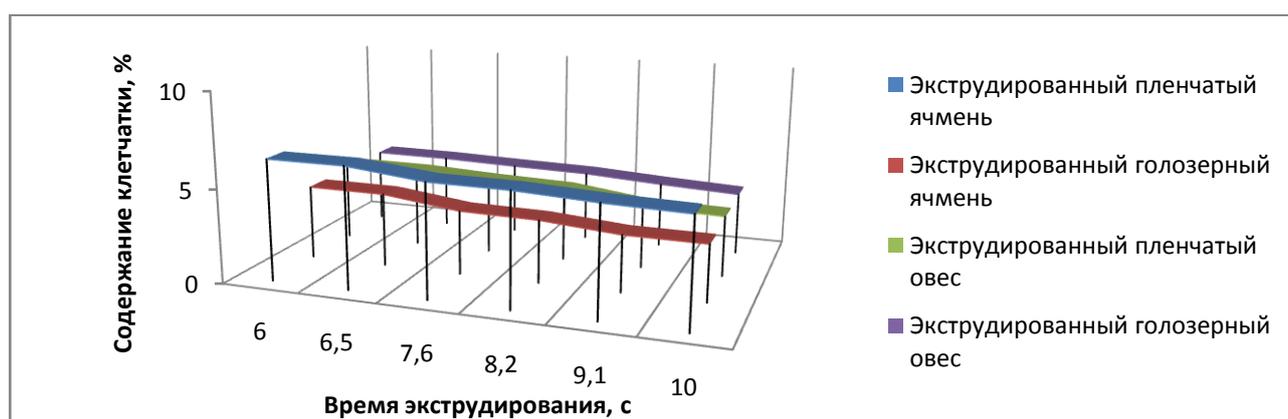


Рисунок 2.19 – Содержание клетчатки в зависимости от времени прохождения в рабочей камере экструдера

В результате анализа данных научной литературы и собственных исследований влияния экструдирования было отмечено значительное снижение содержание жира в зерновом сырье [70, 114].

Снижение количества жира связано с его расщеплением при высоких температурах и высоком давлении (табл. 2.10, рис. 2.20).

Таблица 2.10 – Содержание жира в зерне ячменя и овса после экструдирования

Образец	Время прохождения, с					
	6	6,5	7,6	8,2	9,1	10
Экструдированный пленчатый ячмень	0,31	0,29	0,25	0,25	0,21	0,19
Экструдированный голозерный ячмень	0,15	0,11	0,1	0,09	0,09	0,07
Экструдированный пленчатый овес	1,46	1,41	1,23	1,17	1,14	1,11
Экструдированный голозерный овес	1,90	1,87	1,53	1,36	1,33	1,25

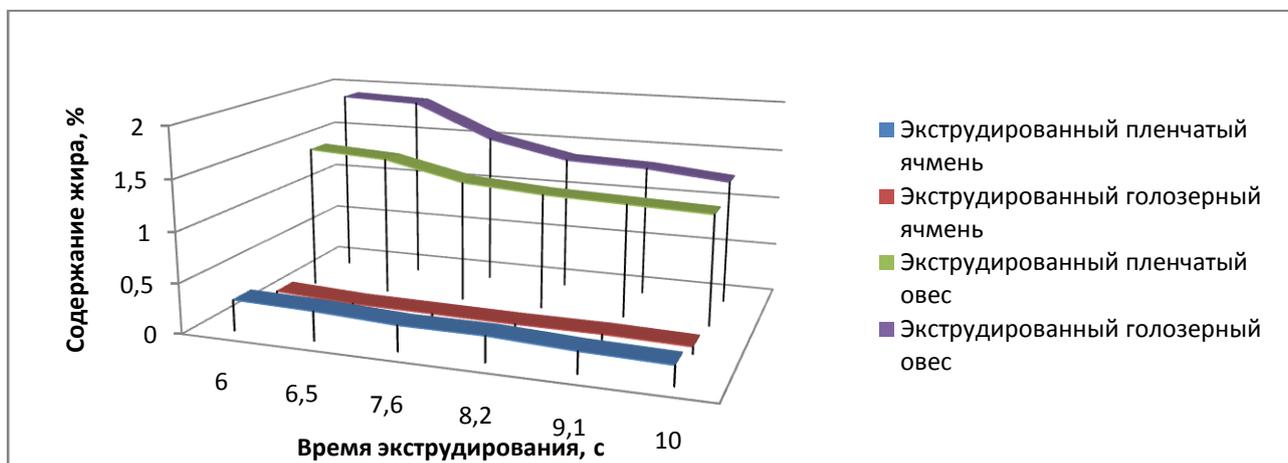


Рисунок 2.20 – Содержание жира в зерне в зависимости от времени прохождения в рабочей камере экструдера

Увеличение температуры и время нахождения сырья в экструдере практически не влияет на изменение содержания золы в нем (табл. 2.11, рис. 2.21).

Таблица 2.11 – Содержание золы в зерне ячменя и овса после экструдирования

Образец	Время прохождения, с					
	6	6,5	7,6	8,2	9,1	10
Экструдированный пленчатый ячмень	2,81	2,82	2,79	2,87	2,9	2,96
Экструдированный голозерный ячмень	2,24	2,3	2,21	2,31	2,39	2,37
Экструдированный пленчатый овес	2,66	2,68	2,70	2,73	2,76	2,81
Экструдированный голозерный овес	2,30	2,37	2,41	2,34	2,36	2,39

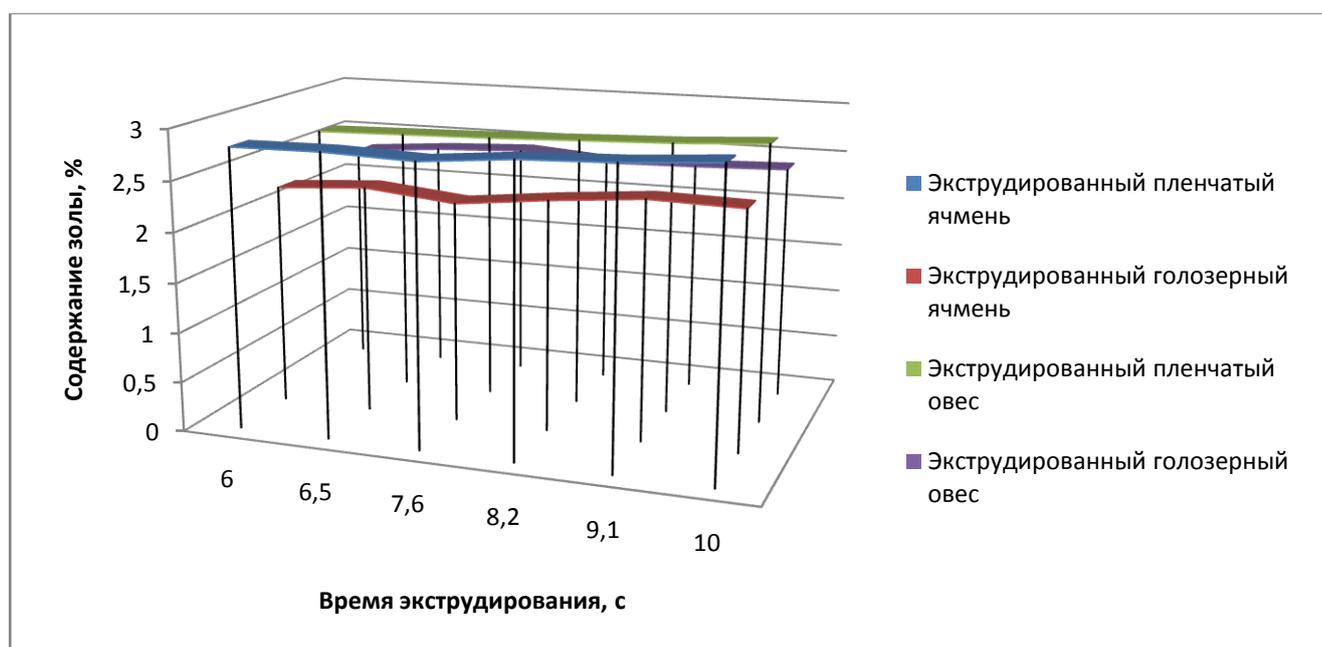


Рисунок 2.21 – Содержание золы в зерне в зависимости от времени прохождения в рабочей камере экструдера

Обработка сырья в рабочей камере в течении от 6 до 10 с при температуре воздействия 160 °С практически не повлияла на содержание сахара в зерне ячменя и овса (табл. 2.12, рис. 2.22).

Анализ проведенных исследований по времени нахождения зер-

нового сырья в рабочей камере экструдера при высоких температурах свидетельствует о том, что физико-химические показатели меняются незначительно. Разработанная математическая модель применения позволила определить оптимальную температуру экструдирования зерна – 160 °С, при которой происходят значительные изменения физико-химических показателей сырья, но при этом качество экструдированного зерна ячменя и овса не превышает предельно допустимых норм. Проверка экспериментальных данных показала, что степень является адекватной на уровне значимости 95 %.

Таблица 2.12 – Содержание сахара в зерне ячменя и овса после экструдирования

Образец	Время прохождения, с					
	6	6,5	7,6	8,2	9,1	10
Экструдированный пленчатый ячмень	6,81	6,81	6,80	6,83	6,82	6,8
Экструдированный голозерный ячмень	9,38	9,39	9,39	9,41	9,44	9,47
Экструдированный пленчатый овес	5,46	5,46	5,47	5,49	5,49	5,51
Экструдированный голозерный овес	8,61	8,61	8,67	8,69	8,71	8,8

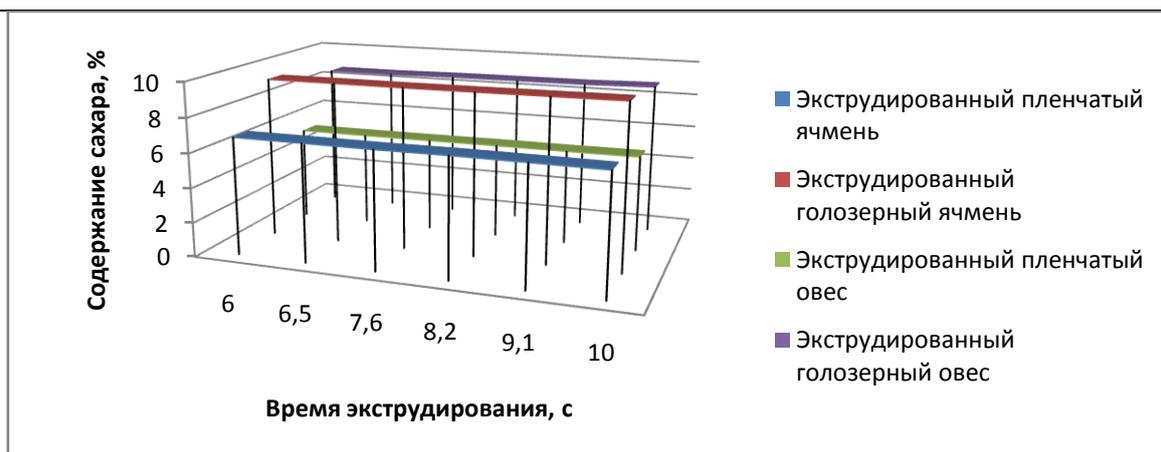


Рисунок 2.22 – Содержание сахара в зерне в зависимости от времени прохождения в рабочей камере экструдера

Ниже представлены технологическая (рис. 2.23) и аппаратно-технологическая (рис. 2.24) схемы получения муки из экструдированного зерна ячменя и овса.

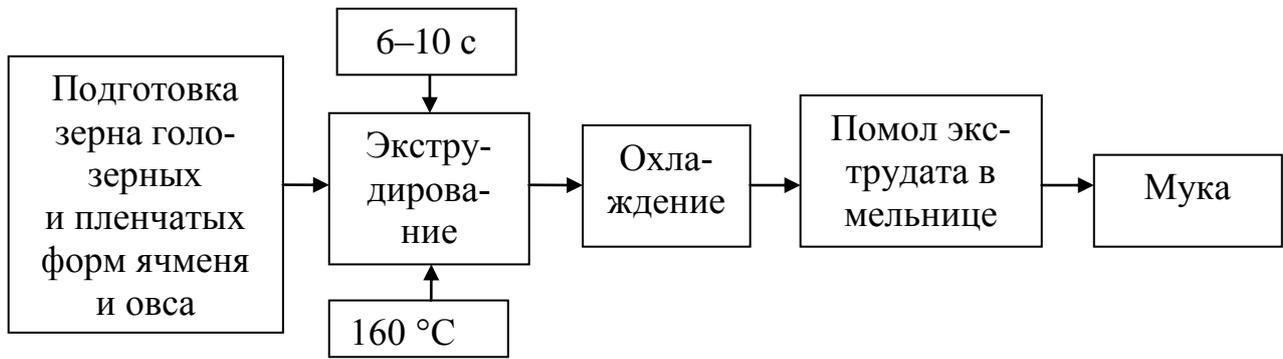


Рисунок 2.23 – Технологическая схема получения муки

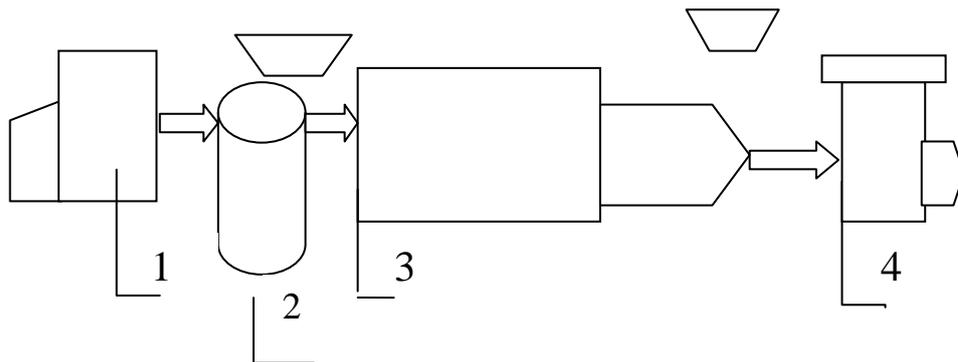


Рисунок 2.24 – Аппаратурно-технологическая схема получения муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса: 1 – прием зерна; 2 – зерноочистительный блок; 3 – экструдер; 4 – мельница пальцевая измельчитель МП-205

Технологический процесс получения муки. Подготовка зерна к экструдированию включает очистку от сорных, минеральных и металломагнитных примесей. Поступающее с помощью питателя из узла загрузки в ствол экструдера сырье продвигается по нему за счет вращения червяков. В процессе продвижения сырья за счет трения происходит его измельчение и нагревание. Подойдя к паровому замку, часть сырья продавливается в зазор между паровым замком и внутренней частью компрессионной камеры, другая часть возвращается назад, создавая противоток. В результате этого экструдированное сырье доизмельчается и тщательно перемешивается, создается давление, что увеличивает трение, способствуя этим повышению температуры в компрессионной камере. Через отверстие в конусной головке экструдированный продукт выбрасывается из ствола экструдера в окружающую среду. Охлажденное экструдированное сырье измельчается в мельнице пальцевой МП-205.

3. РАЗРАБОТКА АССОРТИМЕНТА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ И ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ ИЗ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЗЕРНА ГОЛОЗЕРНЫХ И ПЛЕНЧАТЫХ ФОРМ ЯЧМЕНЯ И ОВСА

3.1. Разработка рецептуры для производства мучных кондитерских и хлебобулочных изделий

Мучные кондитерские и хлебобулочные изделия занимают важное место в рационе человека.

Новым перспективным направлением является использование в мучных кондитерских и хлебобулочных изделиях муки, полученной из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса.

3.1.1. Разработка рецептур для производства мучных кондитерских изделий с использованием муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и анализ разработанных изделий

Для улучшения пищевой ценности песочного печенья определяли оптимальные дозировки муки, полученной из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя.

Для достижения поставленной задачи производили расчет рецептур с использованием 5, 10, 15, 20, 25 % муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя на 100 г песочного печенья, после расчетов проводили лабораторные выпечки (прил. А, табл. А.1–А.3).

За основу использовали 5 % – образец № 1, 10 % – образец № 2, 15 % – образец № 3, 20 % – образец № 4, 25 % – образец № 5.

Технология приготовления песочного печенья с использованием муки из зерна ячменя

Технологическая схема получения песочного печенья представлена на рисунке 3.1.

Технологический процесс приготовления печенья заключается в подготовке сырья, приготовлении эмульсии, замесе теста, раскатке теста, отштамповывании заготовок ручным штампом, выпечке, охлаждении и фасовке, упаковке.

Тесто замешивают на эмульсии. Эмульсию готовят из всего сырья, за исключением муки и крахмала. Продолжительность взбивания эмульсии 5 минут. Затем небольшими порциями добавляют смесь муки и

крахмала и замешивают тесто в течение 5 минут. Температура готового теста 25–27 °С, влажность теста 17–20 %. Тесто раскатывают на разделочном столе в виде пластов толщиной 4 мм и отштамповывают заготовки ручным штампом. Сформованные заготовки укладывают на трафареты и выпекают в течение 4 минут в печи с электрообогревом при температуре 250–280 °С. Готовое печенье охлаждают, взвешивают и определяют выход. Охлажденные выпеченные изделия подвергают оценке качества по органолептическим и физико-химическим показателям.

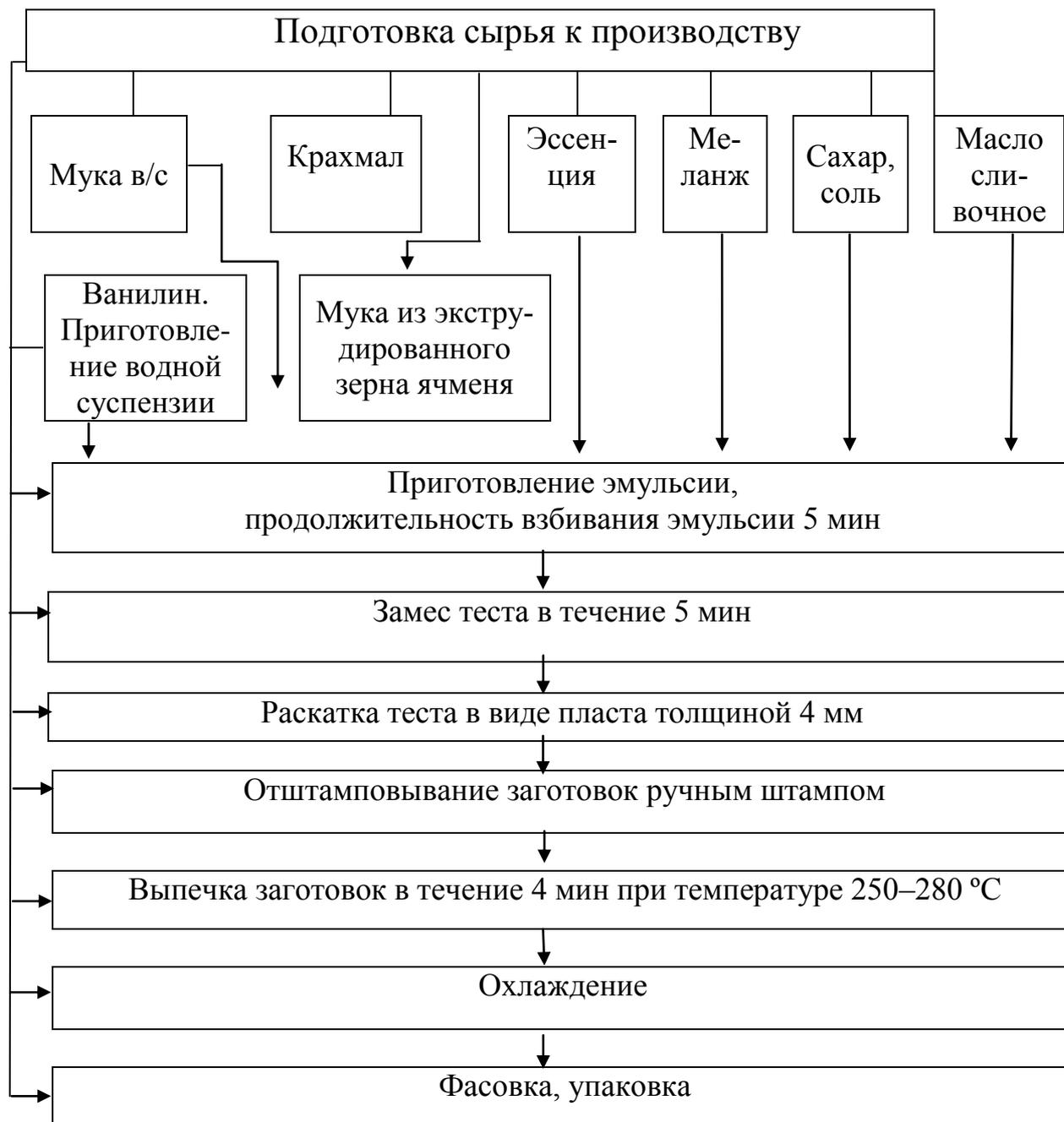


Рисунок 3.1 – Технологическая схема производства песочного печенья с использованием муки из экструдированного зерна ячменя

3.1.2. Разработка рецептур для производства мучных кондитерских и хлебобулочных изделий с использованием муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм овса и анализ разработанных изделий

Расчет рецептуры мучных кондитерских и хлебобулочных изделий следует произвести таким образом, чтобы выход готовой продукции в натуре составил 300 грамм. Для приготовления лабораторных образцов изделий необходимо сделать пересчет унифицированной рецептуры на рабочую. Для проведения эксперимента предлагается заменить часть пшеничной муки, используемой для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, на продукты из овсяной муки.

Производили расчет рецептур с использованием 5, 10, 15, 20, 25 % муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм овса на 300 г булочек и кекса, после расчетов проводили лабораторные выпечки (прил. А, табл. А.4–А.9).

Технология приготовления булочек с использованием муки из экструдированного зерна овса

Данные изделия готовятся в тестомесильной машине периодического действия Прима-160Р на концентрированной молочнокислой закваске (КМКЗ). Порядок загрузки в машину: в дежу сначала дозируются жидкие компоненты – вода, раствор соли, сахар, КМКЗ и другое сырье по рецептуре из дозатора жидких компонентов марки ДЖК. Масса размешивается, а потом уже добавляется мука из дозатора сыпучих компонентов (ДСП). Продолжительность замеса 3–5 мин. Начальная температура теста 29–31 °С, влажность – в зависимости от вида изделия. Далее дежа с тестом устанавливается в цехе на брожение. Продолжительность брожения теста 60–90 мин, до кислотности 2,5–3,5 град. в зависимости от вида изделия. Дежа с выброженным тестом подкатывается к дежеопрокидывателю «Восход ДО», чтобы выгрузить тесто в приемную воронку тестоделителя «Восход ТД-4», где тесто делится на куски массой 0,05–0,08 кг. Затем куски округляются в тестоокруглительной машине «Восход ТО-4», приобретают шарообразную форму и поступают на стол, где происходит доработка тестовых заготовок, затем заготовки укладываются на полки стеллажных тележек ТХК-101. Стеллажные тележки закатывают в шкаф окончательной расстойки АЗ-РПА. Затем тестовые заготовки посту-

паяют в печь Ротот-Агро 101, время выпечки 12–35 мин, в зависимости от вида изделия. После выпечки укладчик аккуратно складывает изделия в лотки-шефлоты, формирует стопки, которые отвозит для охлаждения в остывочное отделение. Остывшие изделия упаковываются в упаковочной машине марки Crima и снова укладываются в лотки-шефлоты. Затем лотки-шефлоты формируются в стопки по 10 шт., стопки рабочий экспедиции с помощью тележки отвозит в хлебохранилище, а затем в экспедицию. Хлебохранилище и экспедиция рассчитаны на 4 часа хранения изделий (рис. 3.2).

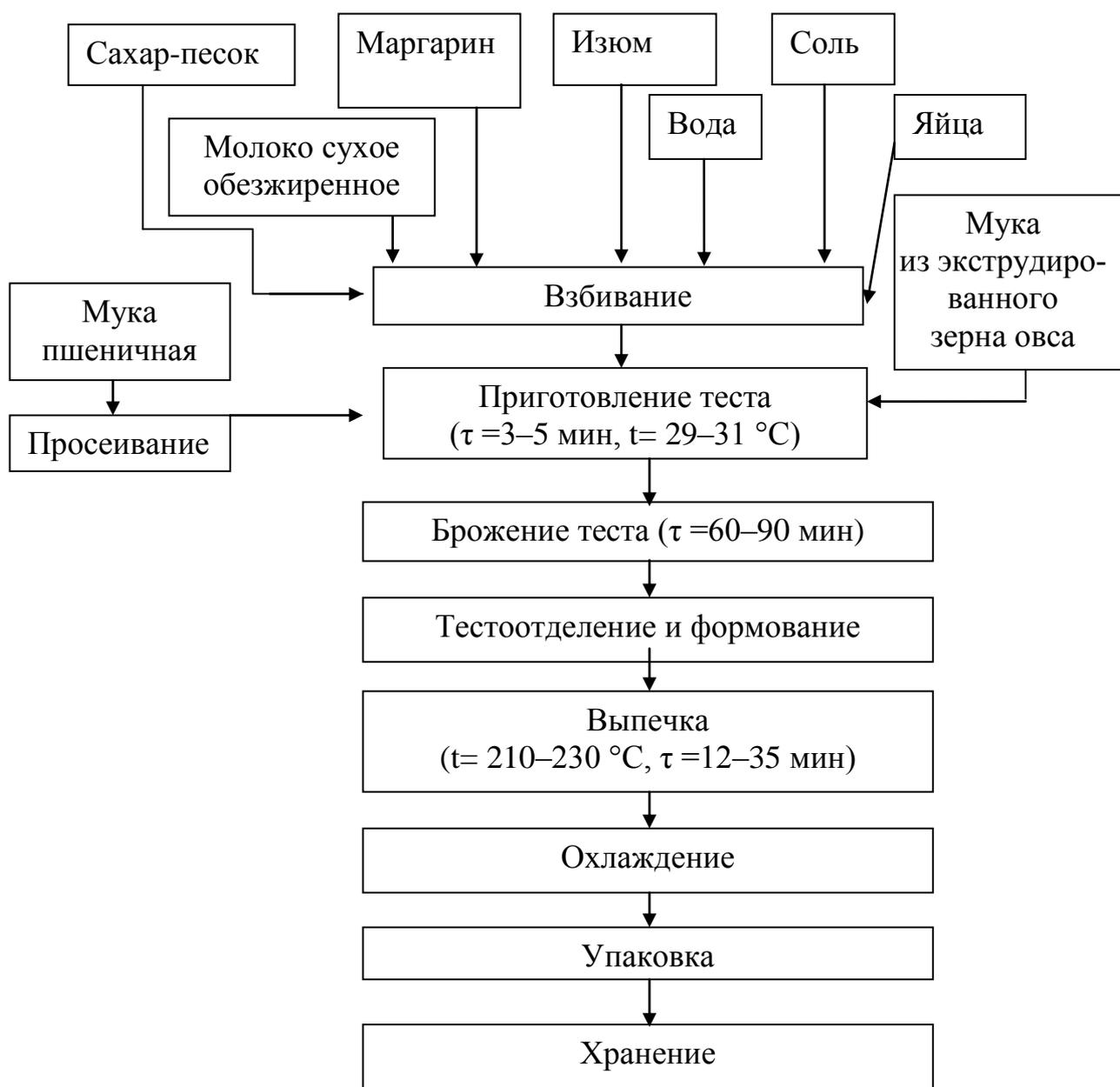


Рисунок 3.2 – Технологическая схема приготовления булочек с использованием муки из экструдированного зерна овса

Технология приготовления кексов с использованием муки из экструдированного зерна овса

Технологический процесс приготовления кексов заключается в подготовке сырья, приготовлении теста, формовании, выпечке, охлаждении и упаковке (рис. 3.3).

Масло сливочное размягчают, сбивают в течение 7–10 минут на сбивальной машине; к маслу добавляется сахар и продолжается сбивание 5–7 минут. После этого постепенно добавляется меланж. Общая продолжительность сбивания составляет 25–35 минут. Сбитая масса перемешивается (в лабораторной тестомесильной машине) со всем остальным сырьем и в последнюю очередь добавляется пшеничная мука. Тесто должно быть ровно перемешанным, без комочков и других следов непромеса. Продолжительность замеса 10 минут, температура готового теста 19–22 °С, влажность теста 35–40 %. Формование производится вручную, путем помещения тестовых заготовок в формы, предварительно смазанные маслом или выстланные бумагой. Выпечка происходит в печи при температуре 200–240 °С в течение 7–12 минут. Охлаждение происходит на производственном столе при температуре 20–23 °С в течение 10–15 минут. Отделка поверхности осуществляется путем нанесения арахиса и сахарной пудры на поверхность кексов. Охлажденные выпеченные изделия подвергают оценке качества по органолептическим и физико-химическим показателям.

Исследование влияния муки из экструдированного зерна на органолептические свойства мучных кондитерских и хлебобулочных изделий

На основании рецептур на печенье песочное, кексы, булочки сдобные (контрольный образец) были разработаны рецептуры, где к пшеничной муке добавляли ячменную и овсяную муку из голозерных и пленчатых форм ячменя и овса до и после экструдирования в дозировках 5, 10, 15, 20 и 25 %. Новые изделия проверяли по органолептическим и физико-химическим показателям, а также проводили дегустационную оценку новых изделий и присваивали название.

Анализ экспериментальных данных показал, что по органолептическим и физико-химическим показателям качества мучных кондитерских и хлебобулочных изделий, изделия, выпеченные с использованием муки из экструдированного зерна и по оптимальным рецептурам, соответствовали требованиям, приведенным в соответствующих ГОСТах на данную продукцию.

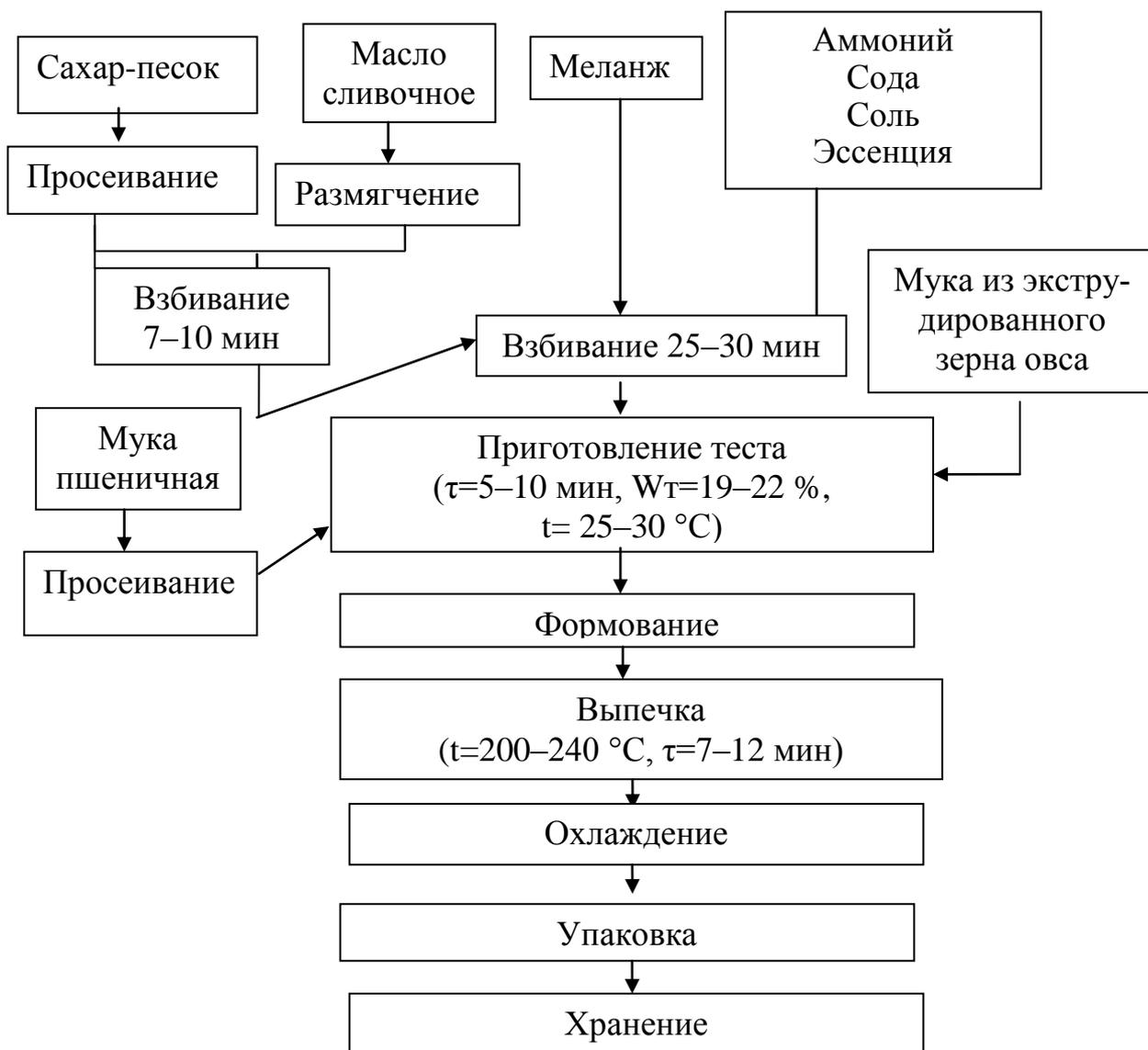


Рисунок 3.3 – Технологическая схема производства кексов с использованием муки из экструдированного зерна овса

Изделия имели приятный вкус и аромат без использования добавок.

Получение муки из экструдированного зерна и впоследствии печенья, булочек, кексов позволит создавать изделия профилактического и лечебного действия. С пищевой точки зрения упрощенная структура крахмала и частичная денатурация белков существенно облегчает пищеварение, а с экономической точки зрения производство продукции с использованием муки из экструдированного зерна позволяет экономить время.

При органолептической оценке полученных изделий было определено, что наилучшими органолептическими показателями обладают образец № 2 для печенья и кекса, образец № 3 для булочек.

В таблицах 3.1–3.9 представлены физико-химические показатели песочного печенья, булочек и кексов с частичной заменой муки из экструдированного зерна ячменя и овса.

Таблица 3.1–Физико-химические показатели песочного печенья с использованием ячменной муки

Показатель	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Влажность, %	5,5	5,39	5,35	5,30	5,28	5,28
Содержание общего сахара, %	15,45	15,47	15,57	15,6	15,63	15,61
Щелочность, град.	1,86	1,12	1,04	1,03	1,06	1,01
Намокаемость, %	465	429,2	428,2	427,1	427,03	426,9

Таблица 3.2 – Физико-химические показатели песочного печенья с использованием муки из экструдированного голозерного ячменя

Показатель	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Влажность, %	5,5	5,0	5,2	4,8	4,75	4,75
Содержание общего сахара, %	15,45	15,49	16,53	16,43	16,49	16,61
Щелочность, град.	1,86	0,65	0,86	1,07	1,4	1,5
Намокаемость, %	465	410,9	415,9	400,1	398,9	399,2

Таблица 3.3 – Физико-химические показатели песочного печенья с использованием муки из экструдированного пленчатого ячменя

Показатель	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Влажность, %	5,5	5,2	5,3	5,0	4,95	4,9
Содержание общего сахара, %	15,45	15,51	16,15	16,46	16,49	16,43
Щелочность, град.	1,86	0,67	0,85	0,89	0,79	0,81
Намокаемость, %	465	425,1	427	409,9	400,7	400,3

Было установлено, что при увеличении дозировки муки из ячменя незначительно уменьшается влажность изделия. Происходит незначительное увеличение содержания сахаров и незначительное снижение намокаемости.

По результатам проведенных лабораторных исследований было установлено, что при увеличении дозировки муки при производстве печенья наблюдается снижение щелочности с 1,86 до 0,85 градусов. Это связано с тем, что в процессе экструдирования зерна воздействие высоких температур в незначительной степени уменьшает действие химических разрыхлителей (сода и аммоний), входящих в состав рецептуры.

Таблица 3.4 – Физико-химические показатели булочек с использованием овсяной муки

Показатель	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Влажность мякиша, %	31,0	30,5	29,5	28,3	28,5	29,0
Массовая доля сахара в пересчете на сухое вещество, %	1,1	1,21	1,13	1,25	1,39	1,35
Кислотность мякиша, град.	0,69	0,68	0,67	0,71	0,68	0,67

Таблица 3.5 – Физико-химические показатели булочек с использованием муки из экструдированного пленчатого овса

Показатель	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Влажность мякиша, %	31,0	29,7	28,1	27,9	28,0	28,2
Массовая доля сахара в пересчете на сухое вещество, %	1,1	1,67	1,79	1,87	1,89	1,89
Кислотность мякиша, град.	0,69	0,63	0,60	0,62	0,69	0,7

Таблица 3.6 – Физико-химические показатели булочек с использованием муки из экструдированного голозерного овса

Показатель	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Влажность мякиша, %	31,0	29,0	27,5	26,3	26,5	26,0
Массовая доля сахара в пересчете на сухое вещество, %	1,1	1,31	1,57	1,99	1,99	2,01
Кислотность мякиша, град.	0,69	0,67	0,64	0,65	0,7	0,66

По результатам проведенных лабораторных исследований было установлено, что при увеличении дозировки муки из овса при производстве булочек наблюдается снижение влажности мякиша. Происходит незначительное увеличение кислотности и сахара.

Таблица 3.7 – Физико-химические показатели кексов с использованием овсяной муки

Показатель	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Влажность, %	9,5	9,8	10,0	10,6	10,65	11,01
Содержание общего сахара, %	2,0	2,02	2,12	2,12	2,15	2,19
Щелочность, град.	0,96	0,93	0,89	1,01	0,99	1,04
Содержание жира, %	1,24	1,21	1,18	1,19	1,09	1,12

Таблица 3.8 – Физико-химические показатели кексов с использованием муки из экструдированного голозерного овса

Показатель	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Влажность, %	9,5	9,0	8,99	9,0	8,87	8,85
Содержание общего сахара, %	2,0	2,31	2,79	2,81	2,83	2,83
Щелочность, град.	0,96	1,01	0,89	0,91	0,86	0,84
Содержание жира, %	1,24	1,2	1,18	1,19	1,21	1,25

**Таблица 3.9 – Физико-химические показатели кексов
с использованием муки из экструдированного пленчатого овса**

Показатель	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Влажность, %	9,5	9,3	9,05	9,0	9,04	9,01
Содержание общего сахара, %	2,0	2,1	2,51	2,55	2,49	2,5
Щелочность, град.	0,96	0,91	0,88	0,92	0,87	0,84
Содержание жира, %	1,24	1,19	1,14	1,17	1,09	1,03

В исследуемых образцах наблюдается уменьшение влаги, незначительное снижение щелочности и жира, за счет использования муки из экструдированного овса увеличивается содержание общего сахара.

В ходе проведенных исследований выяснилось, что все изделия соответствуют требованиям нормативной документации и могут быть внедрены в производство.

3.2. Дегустационная оценка разработанных изделий

Для выявления лучшего образца с заменой мукой из ячменя и овса была проведена дегустационная оценка по тридцатибалльной системе по методу Н.И. Ковалева, где 4–10 баллов соответствует оценке «удовлетворительно», 14–20 баллов – «хорошо», 24–30 баллов – «отлично». Максимальная оценка – 30 баллов.

Органолептический контроль качества изделий возлагается на дегустационную комиссию, которая является совещательным органом. Выводы, сделанные комиссией при органолептическом испытании, заносятся в дегустационные листы.

Шкалы оценки, баллы: высшая максимальная – 30; отлично – 29–21; хорошо – 20–11; удовлетворительно – 10–1.

По результатам дегустационной оценки печенье с использованием 15, 20, 25 % продуктов из ячменя уступает по качеству печенью с заменой 5 и 10 %, так как с увеличением дозировки ухудшаются такие органолептические показатели изделий, как объем, плотность и структура. Наивысший балл присвоен образцу с использованием 10 % продуктов из ячменя. Из полученных результатов можно сделать вывод, что данные образцы являются наиболее оптимальными (рис. 3.4).

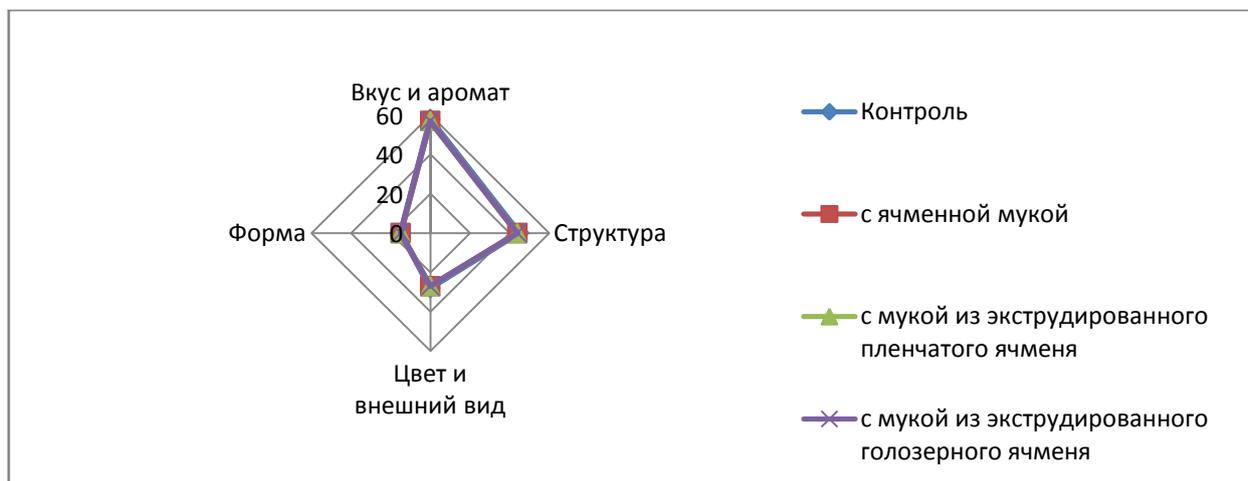


Рисунок 3.4 – Профильная диаграмма дегустационной оценки песочного печенья

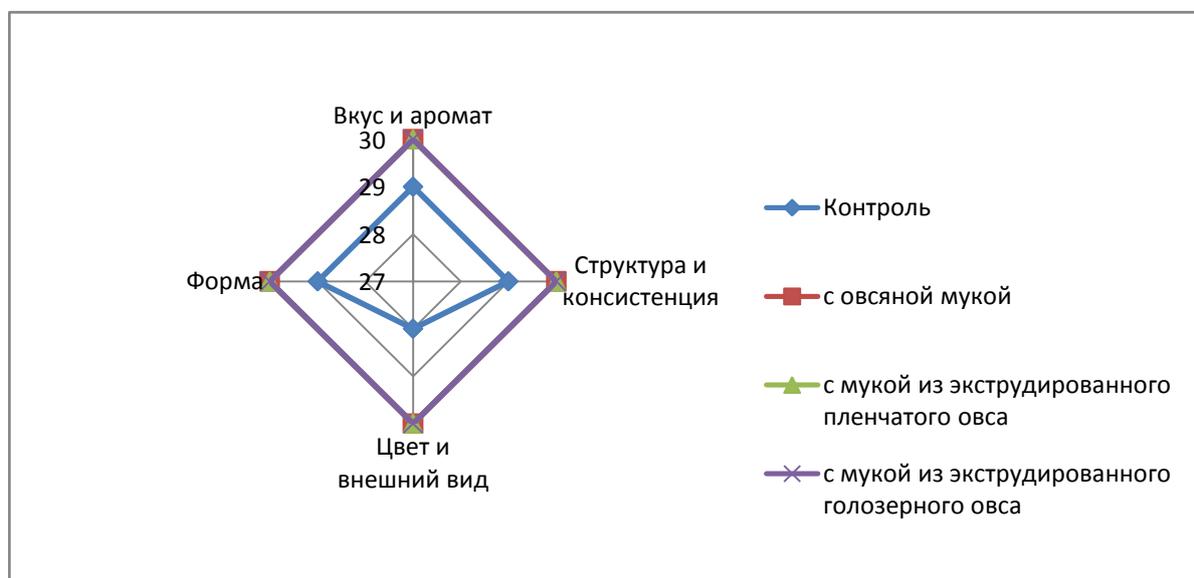


Рисунок 3.5 – Профильная диаграмма дегустационной оценки булочек

По результатам дегустационной оценки можно сделать вывод, что образцы с заменой 15 % муки из овса имеют в совокупности показателей наилучшие характеристики. Данный образец набрал наибольшее количество баллов – 30 (рис. 3.5).

По результатам дегустационной оценки кексов (рис.3.6) образцы, содержащие 10 % муки из овса, являются наиболее оптимальными по качеству. С увеличением концентрации муки органолептические и физико-химические показатели не ухудшаются.

Разработаны новые рецептуры булочки сдобной и кекса на химических разрыхлителях, проведен эксперимент на оптимальную замену пшеничной муки на муку из овса. Новые изделия проверены по

органолептическим и физико-химическим показателям, а также проведена дегустационная оценка новых изделий, которым присвоено название.

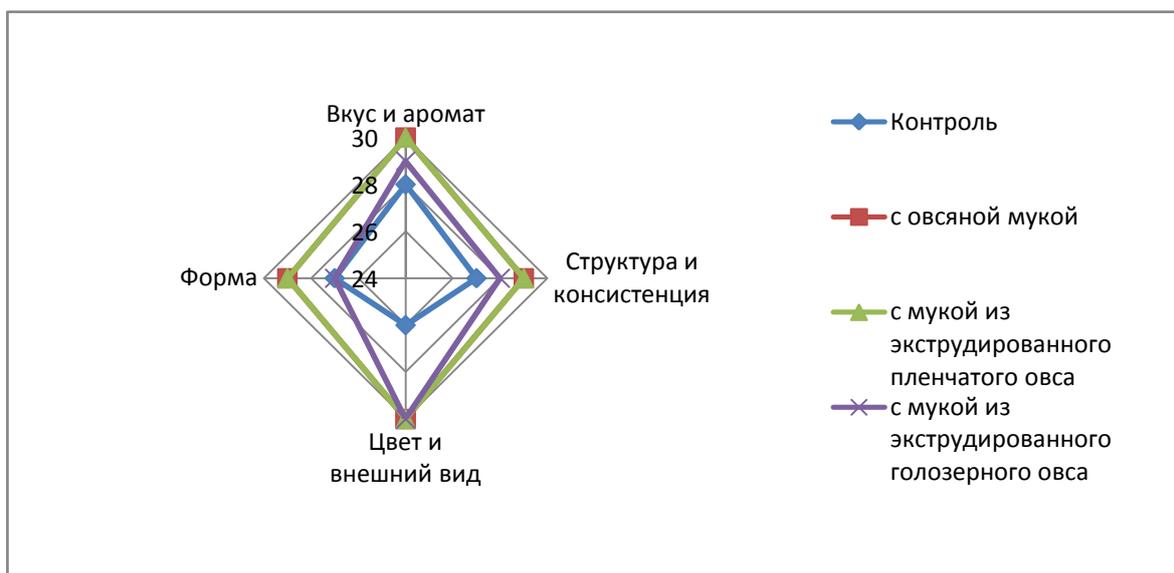


Рисунок 3.6 – Профильная диаграмма дегустационной оценки кексов

3.3. Расчет пищевой ценности

Пищевая ценность – это понятие, отражающее всю полноту полезных свойств продуктов, включая степень обеспечения физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах и энергии.

Пищевая ценность тем выше, чем в большей степени продукт удовлетворяет физиологические потребности организма в этих веществах и обеспечивает его нормальное функционирование.

Пищевую ценность изделия определяли путем сравнения химического состава 100 г контрольного и оптимальных образцов печенья с формулой сбалансированного питания.

Для определения пищевой ценности исследуемого печенья необходимо:

- 1) определить химический состав продукта;
- 2) рассчитать энергетическую ценность изделия;
- 3) рассчитать степень удовлетворения суточной потребности человека в основных пищевых веществах и энергии за счет потребления 100 г изделия и выразить в процентах по формуле

$$C = \frac{N}{R} \times 100,$$

где С – степень удовлетворения потребности, %;
 N – содержание каждого из веществ в 100 г изделия, г;
 R – суточная потребность человека в данном веществе, г.

3.3.1. Расчет химического состава изделий

Для проведения расчета необходимо знать химический состав сырья и готового продукта, а также влажность как контрольного образца, так и исследуемых изделий (прил. Б, табл. Б.1–Б.9).

Химический состав сырья и готового продукта для контрольного образца принимается в соответствии с ГОСТ. Стандартный химический состав в 100 г записывается из справочника И.М. Скурихиной [94].

Химический состав сырья и готового продукта исследуемого образца определяется расчетным путем. Расчет производят по формулам:

1) общее количество белков

$$B_{ci} = \sum_{i=1}^n \frac{b_i \times z_i}{100},$$

где B_{ci} – количество белка, внесенного в 100 г изделия с отдельным видом сырья, где $i = 1, 2, 3 \dots$ вид сырья, г;

b_i – количество белка в 100 г отдельного вида сырья, г;

z_i – количество этого же сырья, внесенного в 100 г изделия, г;

2) общее количество жира

$$Ж_{ci} = \sum_{i=1}^n \frac{ж_i \times z_i}{100},$$

где $Ж_{ci}$ – количество жира, внесенного в 100 г изделия с отдельным видом сырья, где $i = 1, 2, 3 \dots$ вид сырья, г;

$ж_i$ – количество жира в 100 г отдельного вида сырья, г;

3) общее количество минеральных веществ

$$З_{ci} = \sum_{i=1}^n \frac{з_i \times z_i}{100},$$

где Z_{ci} – количество минеральных веществ, внесенных в 100 г изделия с отдельным видом сырья, где $i = 1, 2, 3$ – вид сырья, г;
 z_i – количество минеральных веществ в 100 г отдельного сырья, г;
 4) содержание витаминов

$$B_{xi} = \frac{E}{100} \times \sum_{i=1}^n \frac{e_{ci} \times z_i}{100}, \quad (3.5)$$

где B_{xi} – количество витаминов, внесенных в 100 г изделия с отдельным видом сырья, мг;
 e_{ci} – количество витаминов в 100 г отдельного вида сырья, мг;
 E – показатель сохраняемости витамина в процессе приготовления изделия;
 5) содержание углеводов

$$U_c = 100 - (W_{изд} + B_c + Ж_c + ОК + Z_c + B_x + ПВ), \quad (3.6)$$

где U_c – содержание усвояемых углеводов в 100 г;
 $W_{изд}$ – влажность изделия, %.

При расчете химического состава кондитерских изделий следует учесть, что в сводной рецептуре на изделие приводится расход сырья на тонну готовой продукции с учетом всех потерь. Это облегчает расчет, требуется лишь при необходимости сделать пересчет на влажность, с которой то или иное сырье приводится в таблицах химического состава пищевых продуктов.

3.3.2. Расчет энергетической ценности

Энергетическая ценность – количество энергии (ккал, кДж), высвобождаемой в организме человека из пищевых веществ продуктов питания для обеспечения его физиологических функций.

Для расчета энергетической ценности пищевого продукта необходимо знать его химический состав и энергетическую ценность пищевых веществ.

Энергетическая ценность пищевых веществ:

- белки	4,0 ккал/г;
- жиры	9,0 ккал/г;
- углеводы усвояемые	4,0 ккал/г;

- органические кислоты 3,0 ккал/г.

Энергетическую ценность рассчитывают по формуле

$$\text{ЭЦ} = \text{Б} \cdot 4 + \text{У} \cdot 4 + \text{Ж} \cdot 9 + \text{ОК} \cdot 3, \quad (3.7)$$

где ЭЦ – энергетическая ценность пищевого продукта (100 г), ккал/г;

Б – содержание белков, в 100 г продукта, г;

У – содержание усвояемых углеводов в 100 г продукта, г;

Ж – содержание жиров в 100 г продукта, г;

ОК – содержание органических кислот в 100 г продукта, г.

Из приведенных расчетов можно сделать вывод, что использование муки из зерна ячменя при изготовлении мучных кондитерских изделий практически не влияет на энергетическую ценность печенья (табл. 3.10).

Таблица 3.10 – Расчет энергетической ценности в 100 г печенья

Образец	Энергетическая ценность в 100 г продукта, кДж
Контрольный	430,92
С заменой 10% ячменной мукой	427,41
С заменой 10% экструдированным голозерным ячменем	426,78
С заменой 10% экструдированным пленчатым ячменем	427,6

Таблица 3.11 – Расчет энергетической ценности в 100 г кексов

Образец	Энергетическая ценность в 100 г продукта, кДж
Контрольный	416,8
С заменой 10% овсяной мукой	405,778
С заменой 10% экструдированным голозерным овсом	397,678
С заменой 10% экструдированным пленчатым овсом	366,946

В образцах с мукой из овса содержание усвояемых углеводов увеличивается, а в образцах с заменой мукой из экструдированного

зерна овса уменьшается содержание белка и жира по сравнению с контрольным образцом. За счет увеличения сахара в зерне овса после экструдирования в изделиях, изготовленных с использованием муки на его основе, незначительно увеличивается энергетическая ценность по сравнению с контрольным образцом.

Из приведенных расчетов можно сделать вывод, что при замене мукой из экструдированного зерна овса энергетическая ценность булочек незначительно повышается (табл. 3.12.).

Таблица 3.12 – Расчет энергетической ценности в 100 г булочек

Образец	Энергетическая ценность в 100г продукта, кДж
Контрольный	383,6
С заменой 10 % овсяной мукой	365,39
С заменой 10 % экструдированным голозерным овсом	364,25
С заменой 10 % экструдированным пленчатым овсом	365,58

3.3.3. Расчет степени удовлетворения суточной потребности человека в пищевых веществах

Расчет степени потребности человека в каждом пищевом веществе производят по формуле

$$C_y = (M_{\text{пр}}/M_{\text{сут}}) * 100 \%,$$

где C_y – степень удовлетворения суточной потребности в каждом компоненте, %;

$M_{\text{пр}}$ – содержание компонента в массе продукта, г;

$M_{\text{сут}}$ – дневная потребность организма в каждом компоненте в соответствии с формулой сбалансированного питания, г (прил. В, табл. В.1–В.3).

При расчете пищевой ценности печенья с 10 % использованием муки из экструдированного зерна установлено, что при употреблении 100 г печенья суточная потребность в белках (9,32 %), жирах (9,9 %), углеводах (19,96 %) удовлетворяется для взрослого человека (рис. 3.7). В результате проведенных исследований разработаны проекты технических условий и технологических инструкций на печенье (прил. Г, табл. Г.1–Г.2).

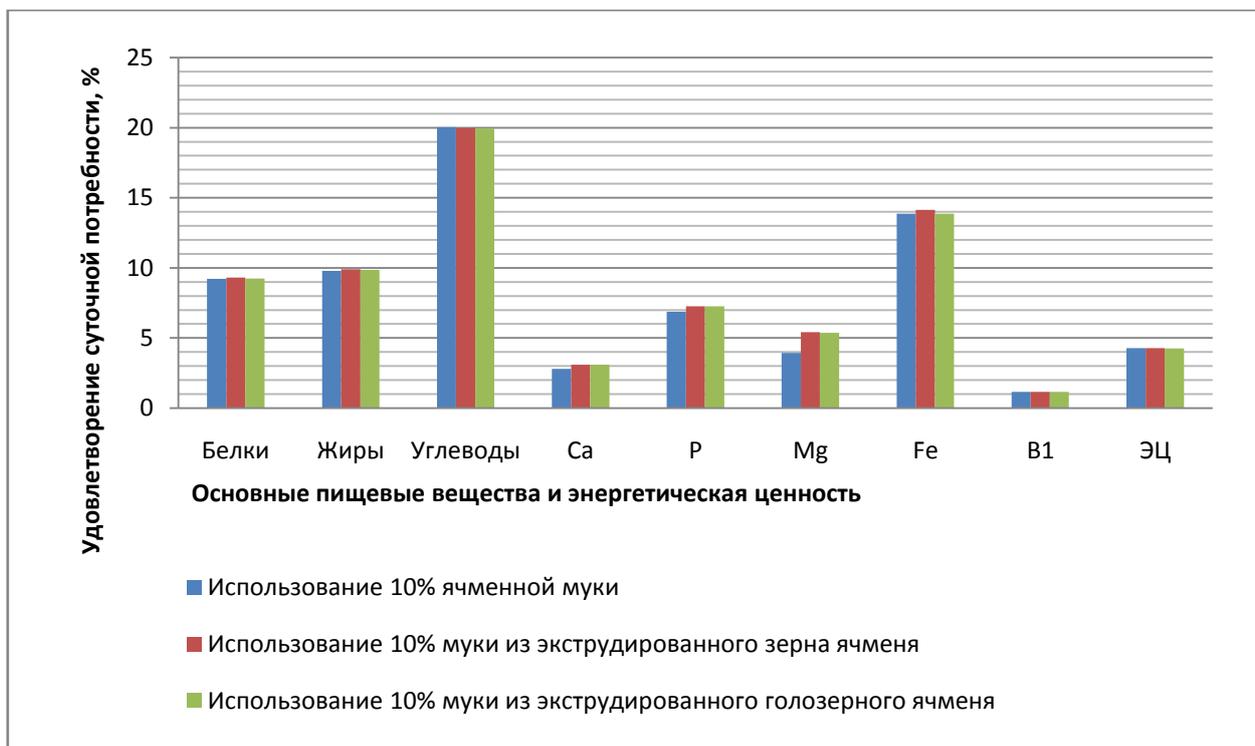


Рисунок 3.7 – Удовлетворение среднесуточной потребности организма человека в основных пищевых веществах и энергетической ценности при потреблении 100 г печенья

При расчете пищевой ценности кексов с 10 % использованием муки из экструдированного зерна овса установлено, что при употреблении 100 г кексов суточная потребность в белках (7,9 %), жирах (18,10 %), углеводах (13,35 %) удовлетворяется для взрослого человека (рис. 3.8). В результате проведенных исследований разработаны проекты технических условий и технологических инструкций на кексы.

При расчете пищевой ценности булочек с 15 % использованием муки из экструдированного зерна овса установлено, что при употреблении 100 г булочек суточная потребность в белках (11,16 %), жирах (3,76 %), углеводах (19,09 %) удовлетворяется для взрослого человека (рис. 3.9). В результате проведенных исследований разработаны проекты технических условий и технологических инструкций на булочки.



Рисунок 3.8 – Удовлетворение среднесуточной потребности организма человека в основных пищевых веществах и энергетической ценности при потреблении 100 г кекса

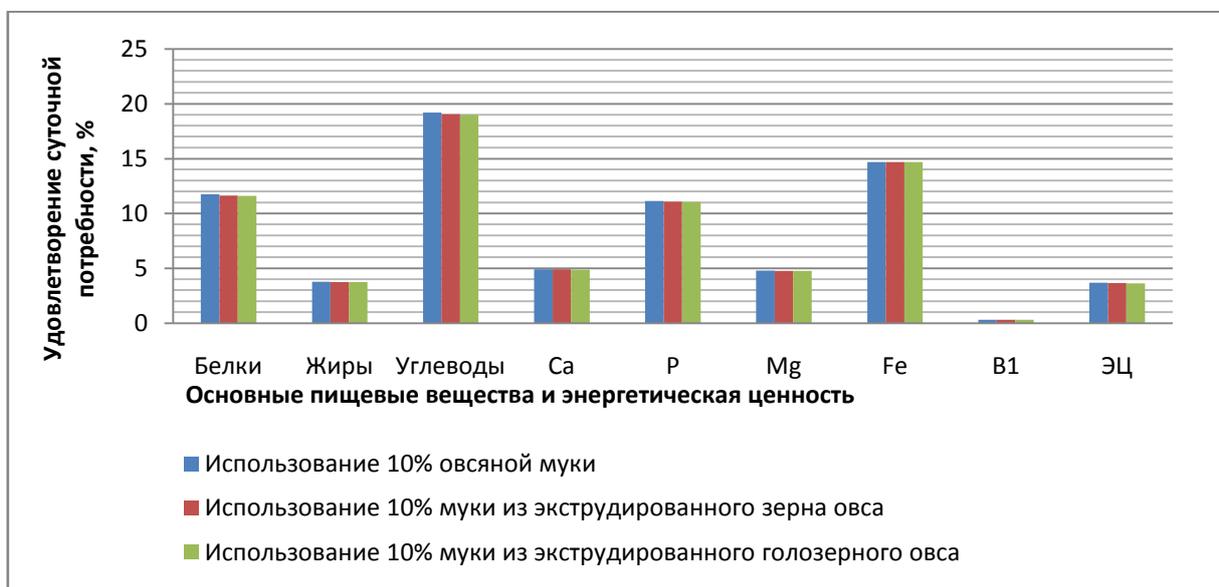


Рисунок 3.9 – Удовлетворение среднесуточной потребности организма человека в основных пищевых веществах и энергетической ценности при потреблении 100 г булочек

3.4. Проведение опытно-производственных испытаний

Производственные испытания на получение печенья с использованием муки из экструдированного зерна ячменя и овса проводились на предприятии ИП Бибик. По результатам в соответствии с требованиями разработаны проекты ТУ и ТИ на получение печенья с использованием муки из ячменя, прошедшего процесс экструдирования, кексов с использованием муки из экструдированного зерна овса.

Апробация рецептур мучных кондитерских изделий и их применение в производстве осуществлялось в целом на предприятии ИП Бибик. Изделия готовились в соответствии с рецептурами и технологическими схемами. Разработаны акты производственных испытаний и акты внедрения в производство мучных кондитерских изделий с использованием муки из зерна голозерных и пленчатых форм, прошедшего процесс экструдирования, в производство ИП Бибик. По результатам работы разработаны и подписаны рецептуры и проекты технических условий и технологических инструкций на песочное печенье. Также результаты исследований приняты для использования в учебном процессе кафедры «Технология хранения и переработки зерна» КрасГАУ.

3.5. Экономическая эффективность полученных изделий

Для того чтобы рассчитать экономическую эффективность разрабатываемых изделий, необходимо знать нормы расхода сырья и вспомогательных материалов на 1 тонну продукции, стоимость 1 кг сырья, затраты на производство 1 тонны готовой продукции по контрольному и оптимальному образцу.

Сырье и вспомогательные материалы составляют 70 %, производственные затраты – 30 % от производственной себестоимости. Коммерческие расходы составляют 8 % от производственной себестоимости. Полная себестоимость складывается из производственной себестоимости и коммерческих расходов.

На основании полученных данных выявлено, что экономическая эффективность разработанного печенья является рентабельной и составляет 20 %. Рентабельность печенья с добавкой по сравнению с контрольным образцом не изменяется, но при этом немного увеличивается стоимость разработанного изделия. Выпуск этого изделия возможен для расширения ассортимента и увеличения объемов выработ-

ки изделий с повышенной пищевой ценностью.

Сырьем для производства муки является экструдированное зерно голозерных и пленчатых форм ячменя и овса, применение которых решает одну из проблем сырьевой базы края, удешевляет и повышает качество изделий.

В таблицах 3.13–3.15 представлены основные технико-экономические показатели производства песочного печенья, кексов и булочек с использованием муки из экструдированного зерна.

Таблица 3.13 – Техничко-экономические показатели производства песочного печенья с использованием муки из экструдированного зерна ячменя

Показатель	С ячменной мукой	С экструдированным пленчатым ячменем	С экструдированным голозерным ячменем
Стоимость 1 т товарной продукции, руб.	62842,75	64719,2	64923,7
Прибыль от реализации 1 т готовой продукции, руб.	10473,79	11453,2	11650,1
Рентабельность, %	20	20	20

Таблица 3.14 – Техничко-экономические показатели производства кексов с использованием муки из зерна экструдированного овса

Показатель	С овсяной мукой	С экструдированным пленчатым овсом	С экструдированным голозерным овсом
Стоимость 1 т товарной продукции, руб.	137859,15	140848,55	140918,33
Прибыль от реализации 1 т готовой продукции, руб.	25989,84	26178,45	26189,31
Рентабельность, %	22	22	22

Таблица 3.15 – Техничко-экономические показатели производства булочек с использованием муки из зерна экструдированного овса

Показатель	С овсяной мукой	С экструдированным пленчатым овсом	С экструдированным голозерным овсом
Стоимость 1 т товарной продукции, руб.	34892,45	35903,00	35999,24
Прибыль от реализации 1 т готовой продукции, руб.	6292,08	6389,12	6399,72
Рентабельность, %	22	22	22

Таким образом, выпуск песочного печенья, кексов, булочек будет экономически целесообразен. Уровень рентабельности для всех трех видов продукции выше 20 %. При сохранении высокого качества и приемлемой цены на данную продукцию мы получаем вполне конкурентоспособные на рынке виды изделий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный комплекс теоретических исследований позволил обосновать возможность использования технологии экструдирования пленчатых и голозерных форм ячменя и овса для получения мучных кондитерских и хлебобулочных изделий.

На основе исследования физико-химических свойств сырья определены оптимальные параметры экструдирования зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса.

Математическая модель и методика ее применения позволила определить технологические параметры экструдирования, в результате найдены оптимальная температура (160 °С) и время экструдирования зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса.

Разработана универсальная технологическая схема экструдирования зерна ячменя и овса для получения муки, позволяющая экономить время и увеличивать ассортимент.

При разработке новых видов мучных кондитерских и хлебобулочных изделий установлены оптимальные дозировки муки из экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса, для производства печенья и кексов – 10 %, для булочек – 15 %. На основе проведенных исследований были разработаны проекты технических условий и технологических инструкций, подписаны акты внедрения на производство песочного печенья и кексов на хлебозаводе «ИП Бибики» (п. Логовой), булочек – на ОАО «Красноярский хлеб» (г. Красноярск).

Экономическая эффективность разработанных изделий переработки экструдированного зерна голозерных и пленчатых форм ячменя и овса представлена повышением уровня рентабельности: при производстве песочного печенья – до 20 %, кексов и булочек – до 22 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрафиков, А.Р. Эффективность использования биологически активных веществ нового поколения в комбикормах для свиней: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.02 / А.Р. Абдрафиков. – п. Дубровицы, Московская обл., 2006. – 236 с.
2. Абрамов, О.В. Разработка способа производства хрустящих хлебных палочек с применением одношнекового экструдера: дис. ... д-ра техн. наук / О.В. Абрамов; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 1999. – 241 с.
3. Афанасьев, В.А. Научно-практические основы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / В.А. Афанасьев. – М., 2003. – 517 с.
4. Афанасьев, В.А. Специальная обработка зерна и комбикормов / В.А. Афанасьев, Н.М. Сухарева // Кролиководство и звероводство. – Воронеж, 2002. – № 4. – С. 24.
5. Бабенко, В.Е. Формализация влияния некоторых параметров процесса варочной экструзии на качество продукта / В.Е. Бабенко [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1994. – №4. – С. 37–38.
6. Баталова, Г.А. Биология и генетика овса / Г.А. Баталова, Е.М. Лисицын, И.И. Русакова. – Киров, 2008. – 456 с.
7. Барер, Г.О. Технология мукомольного производства / Г.О. Барер, П.Г. Демидов [и др.]; под ред. Я.Н. Куприца. – М.: Заготиздат, 1951. – 472 с.
8. Баталова, Г.А. Распространение, использование, селекция овса / Г.А. Баталова // Современные аспекты селекции, семеноводства, технологии, переработки ячменя и овса. – Киров, 2004. – С. 11–20.
9. Богатырев, А.Н. Система научного и инженерного обеспечения пищевых и перерабатывающих отраслей АПК России / А.Н. Богатырев, В.А. Панфилов, В.И. Тужилкин [и др.]. – М.: Пищевая промышленность, 1995. – 528 с.
10. Богатырев, А.Н. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование / А.Н. Богатырев, В.П. Юрьев. – М.: Ступень, 1994. – 200 с.
11. Бутковский, В.А. Мукомольное производство / В.А. Бутковский, Е.М. Мельников. – М.: Агропромиздат, 1990. – 464 с.
12. Бутковский, В.А. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства / В.А. Бутковский. – М.: Колос, 2003. – 472 с.

13. Быковская, Г. Экструзионная технология в Японии / Г. Быковская // Хлебопродукты. – 1992. – № 7. – С. 50.
14. Вашкевич, В.В. Технология производства муки на промышленных и малых мельзаводах / В.В. Вашкевич. – М.: Колос, 1999. – 360 с.
15. Вода в пищевых продуктах / под ред. Р.Б. Дакуорта; пер. с англ.; под ред. А.С. Гинзбурга, В.Я. Адаменко. – М.: Пищ. пром-ть, 1980. – 376 с.
16. Гаппаров М.Г. Функциональные продукты питания / М.Г. Гаппаров // Пищевая промышленность. – 2003. – № 3. – С. 6–7.
17. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – М.: Стандартинформ, 2008. – 4 с.
18. ГОСТ 5667-65. Хлебихлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. – М.: Стандартинформ, 2006. – 5 с.
19. ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения кислотности. – М.: Стандартинформ, 2006. – 6 с.
20. ГОСТ 5898-87. Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. – М.: Стандартинформ, 2012. – 10 с.
21. ГОСТ 5900-73. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 6 с.
22. ГОСТ 5903-89. Изделия кондитерские. Метод определения сахара. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 23 с.
23. ГОСТ 9404-88. Мука и отруби. Метод определения влажности. Мука. Отруби. Методы анализа. – М.: Стандартинформ, 2007. – 5 с.
24. ГОСТ 10114-80. Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 3 с.
25. ГОСТ 10840-64. Зерно. Методы определения природы. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 4 с.
26. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 6 с.
27. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 7 с.
28. ГОСТ 10847-74. Зерно. Методы определения зольности. – М.: Стандартинформ, 2009. – 5 с.
29. ГОСТ 15113.3-77. Концентраты пищевые. Методы определения органолептических показателей, готовности концентратов к

употреблению и оценки дисперсности суспензии. – М.: Стандартинформ, 2011. – 2 с.

30. ГОСТ 15113.9-77. Концентраты пищевые. Методы определения жира. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 9 с.

31. ГОСТ 21094-75. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. – М.: Стандартинформ, 2006. – 4 с.

32. ГОСТ 24901-89. Печенье. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2006. – 11 с.

33. ГОСТ 26932-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 11 с.

34. ГОСТ 26933-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 10 с.

35. ГОСТ 27558-87. Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста. Мука. Отруби. Методы анализа. – М.: Стандартинформ, 2007. – 4 с.

36. ГОСТ 28672-90. Ячмень. Требования при заготовках и поставках. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 6 с.

37. ГОСТ 28673-90. Овес. Требования при заготовках и поставках. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 6 с.

38. ГОСТ 29177-91. Зерно. Методы определения состояния (степени деструкции) крахмала. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 8 с.

39. ГОСТ 30483-97. Зерно. Методы определения общего фракционного содержания сорной и зерновой примесей. Содержание мелких зерен и крупности. Содержание зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой. Содержание металломагнитных примесей. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 20 с.

40. ГОСТ 52969-2008. Масло сливочное. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009. – 21 с.

41. ГОСТ Р 27186-86. Зерно заготавливаемое и поставляемое. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 2004 – 8 с.

42. ГОСТ Р 51574-2000. Соль поваренная пищевая. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2005. – 11 с.

43. ГОСТ Р 52178-2003. Маргарины. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2010. – 11 с.

44. ГОСТ Р 52189-2003. Мука пшеничная. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2008. – 7 с.

45. ГОСТ Р 52791-2007. Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009. – 7 с.

46. ГОСТ Р 53155-2008. Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012. – 14 с.
47. Гуляев, В.Н. Технология пищевых концентратов / В.Н. Гуляев. – М.: Пищевая промышленность, 1981. – 207 с.
48. Гуменюк, Г.Д. Получение новых видов сырья способом экструдирования / Г.Д. Гуменюк // Комбикормовая промышленность. – 1997. – №2. – С. 27–28.
49. Демский, А.Б. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов: справ. / А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев. – М.: ДеЛи-принт, 2005. – 760 с.
50. Доржиева, А.А. Разработка технологии экструдированного продукта функционального назначения на основе ржи: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / А.А. Доржиева. – Улан-Удэ, 2002. – 123 с.
51. Дорохович, А.Н. Взорванные крупы – новый вид нетрадиционного сырья в кондитерском производстве / А.Н. Дорохович, А.С. Острик, Н.А. Цирик // Пищевая промышленность. – 1987. – № 2. – С. 34–35.
52. Дулаев, В. Обогащение пшеничной хлебопекарной муки сухой клейковиной на мукомольных заводах / В. Дулаев, Е. Мелешкина, А. Анисимов, А. Седов // Хлебопродукты. – 2004. – №10. – С. 32–34.
53. Дунаев, А.Н. Производство зерновых завтраков в США / А.Н. Дунаев // Пищевая промышленность. – 1992. – №6. – С. 29–31.
54. Егоров, Г.А. Гидротермическая обработка зерна / Г.А. Егоров. – М.: Колос, 1968. – 97 с.
55. Егоров, Г.А. Технология муки, крупы и комбикормов / Г.А. Егоров, Е.М. Мельников, Б.И. Максимчук. – М.: Колос, 1984. – 376 с.
56. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков [и др.]. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
57. Железнов, А.В. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования / А.В. Железнов, Т.В. Кукоева, Н.Б. Железнова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Том 17. – №2. – С. 286–297.
58. Жушман, А.И. Новое в технике и технологии производства пищевых продуктов экструзионным методом: информ. обзор / А.И. Жушман, В.Г. Карпов, Е.К. Коптелова. – М.: Информагротех, 1991. – 56 с.

59. Жушман, А.И. Опыт производства крахмалопродуктов для детского, лечебного и диетического питания / А.И. Жушман, Н.Д. Лукин. – М.: АгроНИИТЭИПП, 1992. – 28 с.
60. Жушман, А.И. Современные достижения в технологии экструзионных крахмалопродуктов: обзор информ. / А.И. Жушман, Е.К. Коптелова, В.Г. Карпов. Сер. Крахмалопаточная промышленность. Вып. 4. – М.: АгроНИИТЭИПП, 1989. – 24 с.
61. Зверев, С.В. Высокотемпературная микронизация в процессах зернопереработки / С.В. Зверев, Е. Тюрев // Хлебопродукты. – 2002. – №2. – С. 28–29.
62. Зверев, С.В. Функциональные зернопродукты / С.В. Зверев, Н.С. Зверева. – М.: ДеЛипринт, 2006. – 119 с.
63. Зинюхин, Г.Б. Разработка технологии производства хлебнотрубчатых крекеров с применением одношнековых экструдеров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Г.Б. Зинюхин. – М., 1996. – 22 с.
64. Казаков, Е.Д. Зерноведение с основами растениеводства / Е.Д. Казаков. – М.: Колос, 1983. – 352 с.
65. Казаков, Е.Д. Клейковина, ее формирование, состав. – М.: ЦНИИТЭИХлебопродуктов, 1992. – 60 с.
66. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиенко. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.
67. Клисенко, М.А. Методы определения микроколичеств пестицидов / М.А. Клисенко. – М.: Медицина, 1984. – 256 с.
68. Козьмина, Е.П. Технологические свойства сортов крупяных и зернобобовых культур / Е.П. Козьмина. – М.: Колос, 1981. – 176 с.
69. Косяненко, Л.П. Серые хлеба в Восточной Сибири / Л.П. Косяненко. – Красноярск, 2008. – 300 с.
70. Краус, С.В. Совершенствование технологии экструзионной переработки крахмалсодержащего зернового сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / С.В. Краус. – М., 2004. – 342 с.
71. Кретович, В.Л. Биохимия растений / В.Л. Кретович. – М.: Высш. шк., 1986. – 504 с.
72. Крохина, В.А. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных: справ. / В.А. Крохина, А.П. Канасетиков, В.И. Фисинин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 304 с.
73. Кулак, В.Г. Технология производства муки / В.Г. Кулак, Б.Н. Максимчук. – М.: Агропромиздат, 1991. – 224 с.

74. Лоскутов, И. Овес – прошлое, настоящее и будущее / И. Лоскутов // Хлебопродукты. – 2007. – № 6. – С. 56.

75. Лукстиня, Р. Использование экструдированной ячменной муки в кормлении телят: рекомендации / Р. Лукстиня. – Рига: Латвийский НИИЖВ, 1984. – 6 с.

76. Люнина, Е.М. Разработка технологии экструзионной обработки ржаного солода и его использование в хлебопечении: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Е.М. Люнина. – М., 2006. – 182 с.

77. Магомедов, Г.О. Реологические свойства теста с экстрактом овса / Г.О. Магомедов, В.И. Карпенко, А.А. Журавлев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – №11. – С. 27–29.

78. Медведев, Г.М. Использование рисовой дробленой крупы для производства макаронных изделий и других видов экструдированных пищевых продуктов: обзор информ. / Г.М. Медведев, М.А. Васиева. – М.: ЦНИИТЭИхлебопродуктов, 1994. – 22 с.

79. Мельников, Е.М. Перевариваемость белков муки для детского и диетического питания / Е.М. Мельников [и др.] // Пищевая промышленность. – 1989. – № 2. – С. 14–15.

80. Миончинский, П.Н. Производство комбикормов / П.Н. Миончинский, Л.С. Кожарова. – М.: ВО «Агропромиздат», 1991. – 343 с.

81. Орлов, А.И. Производство комбикормов с применением экструзионной технологии / А.И. Орлов, Н.М. Подгорнова. – М.: ЦНИИТЭИ ВНПО «Зернопродукт», 1990. – 56 с.

82. Остриков, А.Н. Технология экструзионных продуктов / А.Н. Остриков [и др.]. – СПб.: Проспект науки, 2007. – 204 с.

83. Остриков, А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.

84. Павловская, О.Е. Применение экструзии при производстве диетических продуктов, обогащенных пищевыми волокнами / О.Е. Павловская, Л.Ф. Голвяница, Л.Г. Винникова [и др.]. – М.: АгроНИИТЭИПП, 1992. – 20 с.

85. Пащенко, Л.П. Новое печенье из овсяной муки / Л.П. Пащенко, В.Л. Пащенко, Л.А. Коваль, И.В. Ущাপовский // Кондитерское производство. – 2007. – №3. – С. 24.

86. Пилат, Т.Л. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение) / Т.Л. Пилат, А.А. Иванов. – М.: Аввалон, 2002.

87. Платова, Е.Ю. Физико-химические свойства экструдированного комбинированного крупяного сырья / Е.Ю. Платонова, В.Т. Ли-

ниченко, С.В. Краус // Пищевая промышленность. – 1992. – № 11. – С. 25.

88. Поздняковский, В.М. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность / В.М. Поздняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 278 с.

89. Попов, А.В. Основы биологической химии и зоотехнический анализ / А.В. Попов, М.С. Ковындиков, С.Я. Сенник. – М.: Колос, 1973. – 303 с.

90. Пуляткина, И. Молотый овес – ценный пищевой продукт / И. Пуляткина // Хлебопродукты. – 1992. – № 5. – С. 53–55.

91. Райхштадт, Л.И. Некоторые направления переработки черствого и деформированного хлеба / Л.И. Райхштадт, Х.Р. Мухамедов, А.Г. Гинзбург // Пищевая промышленность. – 1987. – №8. – С. 40–41.

92. Рудометкин, А.С. Разработка и научное обоснование способа производства зерновых продуктов на двухшнековом экструдере: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / А.С. Рудометкин. – Воронеж, 2002. – 189 с.

93. Скляр, Л.А. Переваримость зерна, подвергнутого термической и гидротермической обработке / Л.А. Скляр // Сельское хозяйство за рубежом. – 1984. – №9. – С. 48–50.

94. Скурихин, И.М. Все о пицци с точки зрения химика: справ. издание / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. – М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.

95. Спиричев, В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В.Б. Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Поздняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004.

96. Тарасова, В. Хлебобулочные изделия функционального назначения / В. Тарасова // Хлебопродукты. – 2009. – № 6. – С. 54–55.

97. Терлецкая, В.А. Определение оптимальных параметров экструдирования кукурузной крупы / В.А. Терлецкая, В.Н. Ковбаса, Е.В. Кобылинская // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1997. – № 5. – С. 17–18.

98. Толстогузов, В.Б. Новые формы белковой пищи / В.Б. Толстогузов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.

99. Трегубов, Н.Н. Свойства экструзионного крахмала / Н.Н. Трегубов // Сахарная промышленность. – 1984. – № 7. – С. 56–59.

100. Тутельян, В.А. Реализация концепции государственной политики здорового питания населения России: научное обоснование / В.А. Тутельян, В.А. Княжев // Вопросы питания. – 2000. – №3. – С. 4–7.

101. Хакимова, Л.К. Клиническая оценка экструзионных продуктов для лечебно-профилактического питания / Л.К. Хакимова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1998. – № 3. – С. 30–31.
102. Хейфец, И.Б. Об изменении структуры крахмалсодержащего сырья при получении продуктов быстрого приготовления / И.Б. Хейфец, В.Г. Карпов // Сахарная промышленность. – 1986. – № 7. – С. 50–52.
103. Хохрин, С.Н. Корма и кормление животных: учеб. пособие / С.Н. Хохрин. – СПб.: Лань, 2002. – 512 с.
104. Чернышев, Н.И. Компоненты комбикормов / Н.И. Чернышев, И.Г. Панин. – Воронеж: Проспект, 2005. – 135 с.
105. Шабурова, Г.В. Экструдированный ячмень как компонент функциональных пищевых продуктов / Г.В. Шабурова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2012. – № 10. – С. 44–45.
106. Шаршунов, В.А. Комбикорма и кормовые добавки: справ. пособие / В.А. Шаршунов, Н.А. Попков, Ю.А. Понаморенко. – Минск: Экоперспектива, 2002. – 440 с.
107. Шипулина, Е.Г. Технология новых экструдированных продуктов из крупяного сырья: дис. ...канд. техн. наук: 05.18.02 / Е.Г. Шипулина. – М., 1987. – 149 с.
108. Юрьев, В.П. Физико-химические основы получения экструзионных продуктов на основе растительного сырья / В.П. Юрьев, А.Н. Богатырев // Вестник сельхознауки. – 1991. – № 12. – С. 43–51.
109. Юсупова, Г.Г. Применение энергии СВЧ-поля для обеспечения безопасности и улучшения качества продуктов растительного происхождения / Г.Г. Юсупова, Ю.И. Зданович, Э.И. Черкасова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 7. – С. 27–30.
110. Янова, М.А. Значение зольности как фактора, определяющего технологические показатели зерна ячменя и овса / М.А. Янова, Т.С. Иванова, Е.Ю. Чеботарева // Инновационные тенденции развития российской науки: мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Красноярск, 2011. – С. 110–111.
111. Янова, М.А. Использование голозерных форм ячменя и овса в производстве пищевых продуктов / М.А. Янова, Г.И. Цугленок, Т.С. Иванова // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2012. – № 6. – С. 203–205.
112. Янова, М.А. Сравнительная оценка показателей качества зерна ячменя и овса различных сельскохозяйственных предприятий

Красноярского края / М.А. Янова, Т.С. Иванова, Е.Ю. Чеботарева // Инновационные тенденции развития российской науки: мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Красноярск, 2011. – С. 111–113.

113. Aniskov, N.I. Study of naked barley cultivars of the vir world collection under conditions of the Siberian Irtysh River region / N.I. Aniskov, S.S. Krolevets // Russian Agricultural Sciences. 301. – P. 300. – № 5. – Vol. 34. – 2008.

114. Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung: Standart – Methoden für Getreide, Mehl und Brot – Detmold: Schäfer, 6. Aufl. – 1978.

115. Ben-Gera, J. Markt und Nährwert von Extruderprodukten in den USA // Getreide, Mehl und Brot. – 1982. – H. 36. – S. 248.

116. Buss extrusion technology // Confect. Manuf. and Market. – 1989. – 26. – № 12. – P. 25–26.

117. Zasyplin, D.V. Water distribution in mixtures of soy protein isolates with starch and maltodextrin / D.V. Zasyplin, V.B. Tolstogusov // Die Nahrung. – 1989. – Vol. 33. – № 10. – P. 949–955.

118. Kalra, S. Effect of dietary barley b-glucan on cholesterol and lipoprotein fractions in rats / S. Kalra, S. Jood // Journal of Cereal Science. – 2000. – № 31. – S. 141–145.

119. Meuser, F. Bildung von Stärkelipid komplexen durch Koextrusion. Herstellung und strukturelle Charakterisierung der Komplexe / F. Meuser, B. Van Lengerich, J. Stender // Getreide, Mehl und Brot. – 1985. – H. 39. – S. 205–211.

120. Meuser, F. Einfluss der Extrusionsparameter auf funktionelle Eigenschaften von Weizenstärke / F. Meuser, B. Van Lengerich, F. Köhler // Die Stärke. – 1982. – H. 32. – S. 366.

121. Paton, D. Component Interactions in the Extrusions Cooking Process / D. Paton, W.A. Spratt // Cereal Chem. – 1978. – V. 55. – P. 6.

122. Scipioni R. Riv. Suinicol. – 1980. – № 4. – P. 47–53.

123. Seiler, K. Überprüfung der Backfähigkeit extrudierter Weizenmehle / K. Seiler, A. Schuy. – 1982. – H. 82. – 156 s.

124. Smith, O.B. Extrusion cooking // New protein foods / Ed. A.M. Altschus. – London: Academic press. – 1976. – Vol. 2. – P. 86–121.

125. Williams, M.A. Direct extrusion of convenience foods // Cereal food world. – 1978. – Vol. 22. – № 9. – P. 823–830.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А.1 – Рецептúra приготовления песочного печенья с использованием ячменной муки

Сырье	Содержание сухого вещества	Расход сырья на 100 г готового изделия									
		Образец №1 5 %		Образец №2 10 %		Образец №3 15 %		Образец №4 20 %		Образец №1 25 %	
		в натуре	СВ	в натуре	СВ	в натуре	СВ	в натуре	СВ	в натуре	СВ
Мука пшеничная в/с	85,5	63,51	54,3	60,165	51,44	60,165	51,44	53,48	45,72	50,13	42,87
Крахмал	87,00	5,01	4,36	5,01	4,36	5,01	4,36	5,01	4,36	5,01	4,36
Ячменная мука	85,5	3,34	2,85	6,68	5,71	10,02	8,55	13,37	11,43	16,71	14,29
Патока	70,0	3,07	2,15	3,07	2,15	3,07	2,15	3,07	2,15	3,07	2,15
Сахарная пудра	99,85	22,39	22,36	22,39	22,36	22,39	22,36	22,39	22,36	22,39	22,36
Меланж	27,00	2,47	0,68	2,47	0,68	2,47	0,68	2,47	0,68	2,47	0,68
Маргарин	84,00	10,69	8,98	10,69	8,98	10,69	8,98	10,69	8,98	10,69	8,98
Ванилин	99,85	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53
Соль	96,5	0,5	0,48	0,5	0,48	0,5	0,48	0,5	0,48	0,5	0,48
Сода	50,0	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25
Аммоний	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-
Эссенция	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-
Итого	-	112,3	96,95	112,3	96,95	112,3	96,95	112,3	96,95	112,3	96,95
Выход	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5

Таблица А.2 – Рецептúra приготовления песочного печенья с использованием муки из экструдированного голозерного ячменя

Сырье	Содержание сухого вещества	Расход сырья на 100 г готового изделия									
		Образец №1 5 %		Образец №2 10 %		Образец №3 15 %		Образец №4 20 %		Образец №1 25 %	
		в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в на- туре	СВ	в нату- ре	СВ
Мука в/с	85,5	63,20	54,04	59,55	50,92	55,90	47,8	52,23	44,66	48,58	41,54
Крахмал	93,4	3,34	3,12	5,01	4,36	5,01	4,36	5,01	4,36	5,01	4,36
Ячменная мука	87,00	5,01	4,36	6,68	6,24	10,02	9,36	13,36	12,48	16,72	15,62
Патока	70,00	3,07	2,15	3,07	2,15	3,07	2,15	3,07	2,15	3,07	2,15
Сахарная пудра	99,85	22,39	22,36	22,39	22,36	22,39	22,36	22,39	22,36	22,39	22,36
Меланж	27,00	2,47	0,68	2,47	0,68	2,47	0,68	2,47	0,68	2,47	0,68
Маргарин	84,00	10,69	8,98	10,69	8,98	10,69	8,98	10,69	8,98	10,69	8,98
Ванилин	99,85	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53
Соль	96,5	0,5	0,48	0,5	0,48	0,5	0,48	0,5	0,48	0,5	0,48
Сода	50,00	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25
Аммоний	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-
Эссенция	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-
Итого	-	112,3	96,95	112,3	96,95	112,3	96,95	112,3	96,95	112,3	96,95
Выход	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5

Таблица А.3 – Рецептúra приготовления песочного печенья с использованием муки из экструдированного пленчатого ячменя

Сырье	Содержание сухого вещества	Расход сырья на 100 г готового изделия									
		Образец №1 5 %		Образец №2 10 %		Образец №3 15 %		Образец №4 20 %		Образец №5 25 %	
		в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ
Мука в/с	85,5	63,20	54,04	59,55	50,92	55,9	47,8	52,23	44,66	48,58	41,54
Крахмал	93,4	3,34	3,12	5,01	4,36	5,01	4,36	5,01	4,36	5,01	4,36
Ячменная мука	87,00	5,01	4,36	6,68	6,24	10,02	9,36	13,36	12,48	16,72	15,62
Патока	70,00	3,07	2,15	3,07	2,15	3,07	2,15	3,07	2,15	3,07	2,15
Сахарная пудра	99,85	22,39	22,36	22,39	22,36	22,39	22,36	22,39	22,36	22,39	22,36
Меланж	27,00	2,47	0,68	2,47	0,68	2,47	0,68	2,47	0,68	2,47	0,68
Маргарин	84,00	10,69	8,98	10,69	8,98	10,69	8,98	10,69	8,98	10,69	8,98
Ванилин	99,85	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53
Соль	96,5	0,5	0,48	0,5	0,48	0,5	0,48	0,5	0,48	0,5	0,48
Сода	50,00	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25
Аммоний	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-
Эссенция	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-
Итого	-	112,3	96,95	112,3	96,95	112,3	96,95	112,3	96,95	112,3	96,95
Выход	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5

Таблица А.4 – Рецептура приготовления булочек с использованием овсяной муки

Сырье	Содержание сухого вещества	Расход сырья на 300 г готового изделия									
		Образец №1 5 %		Образец №2 10 %		Образец №3 15 %		Образец №4 20 %		Образец №5 25%	
		в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ
Мука пшеничная 1-го сорта	85,50	256,7	219,48	243,0	207,77	229,5	196,24	216,0	184,68	202,32	172,99
Мука овсяная	84,00	13,74	11,54	27,48	23,09	41,22	34,63	54,96	46,17	68,69	57,70
Дрожжи прессованные	84,00	6,00	5,04	6,00	5,04	6,00	5,04	6,00	5,04	6,00	5,04
Сахар	99,85	29,99	29,95	29,99	29,95	29,99	29,95	29,99	29,95	29,99	29,95
Маргарин	84,00	21,00	17,64	21,00	17,64	21,00	17,64	21,00	17,64	21,00	17,64
Изюм	65,00	26,94	13,74	26,94	13,74	26,94	13,74	26,94	13,74	26,94	13,74
Молоко сухое обезжиренное	16,00	15,00	2,40	15,00	2,40	15,00	2,40	15,00	2,40	15,00	2,40
Соль	96,5	3,05	2,95	3,05	2,95	3,05	2,95	3,05	2,95	3,05	2,95
Яйца	27,00	9,00	2,43	9,00	2,43	9,00	2,43	9,00	2,43	9,00	2,43
Итого	-	381,42	305,17	381,46	305,01	381,7	305,02	381,94	305,0	381,99	304,84
Выход	85,00	300,00	225,00	300,00	225,00	300,00	225,00	300,00	225,00	300,00	225,00

Таблица А.5 – Рецепт приготовления булочек с использованием муки из экструдированного овса

Сырье	Содержание сухого вещества	Расход сырья на 300 г готового изделия									
		Образец №1 5 %		Образец №2 10 %		Образец №3 15 %		Образец №4 20 %		Образец № 5 25%	
		в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в на- туре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ
Мука пшеничная 1-го сорта	85,50	256,50	219,31	243,0	207,76	229,5	196,22	216,0	184,68	202,50	173,14
Мука из экструдированного голозерного овса	93,40	12,51	11,54	25,01	23,085	37,52	34,63	50,02	46,17	62,53	57,71
Дрожжи прессованные	84,00	6,00	5,04	6,00	5,04	6,00	5,04	6,00	5,04	6,00	5,04
Сахар	99,85	29,99	29,95	29,99	29,95	29,99	29,95	29,99	29,95	29,99	29,95
Маргарин	84,00	21,00	17,64	21,00	17,64	21,00	17,64	21,00	17,64	21,00	17,64
Изюм	65,00	21,15	13,75	21,15	13,75	21,15	13,75	21,15	13,75	21,15	13,75
Молоко сухое обезжиренное	16,00	15,00	2,40	15,00	2,40	15,00	2,40	15,00	2,40	15,00	2,40
Соль	96,5	3,05	2,95	3,05	2,95	3,05	2,95	3,05	2,95	3,05	2,95
Яйца	27,00	9,00	2,43	9,00	2,43	9,00	2,43	9,00	2,43	9,00	2,43
Итого	-	383,20	305,01	373,20	305,01	372,21	305,01	371,21	305,01	370,22	305,01
Выход	85,00	300,00	225,00	300,00	225,00	300,00	225,00	300,00	225,00	300,00	225,00

Таблица А.6 – Рецептúra приготовления булочек
с использованием муки из экструдированного пленчатого овса

Сырье	Содержание сухого вещества	Расход сырья на 300 г готового изделия									
		Образец №1 5 %		Образец №2 10 %		Образец №3 15 %		Образец №4 20 %		Образец № 5 25%	
		в натуре	СВ	в натуре	СВ	в натуре	СВ	в натуре	СВ	в натуре	СВ
Мука пшеничная 1-го сорта	85,50	256,50	219,31	243,00	207,77	229,50	196,22	216,00	184,68	202,50	173,14
Мука из экструдированного пленчатого овса	94,00	12,82	11,54	25,65	23,09	38,48	34,63	51,30	46,17	64,12	57,71
Дрожжи прессованные	84,00	6,00	5,04	6,00	5,04	6,00	5,04	6,00	5,04	6,00	5,04
Сахар	99,85	29,99	29,95	29,99	29,95	29,99	29,95	29,99	29,95	29,99	29,95
Маргарин	84,00	21,00	17,64	21,00	17,64	21,00	17,64	21,00	17,64	21,00	17,64
Изюм	65,00	26,94	13,74	26,94	13,74	26,94	13,74	26,94	13,74	26,94	13,74
Молоко сухое обезжиренное	16,00	15,00	2,40	15,00	2,40	15,00	2,40	15,00	2,40	15,00	2,40
Соль	96,5	3,05	2,95	3,05	2,95	3,05	2,95	3,05	2,95	3,05	2,95
Яйца	27,00	9,00	2,43	9,00	2,43	9,00	2,43	9,00	2,43	9,00	2,43
Итого	-	380,30	305,00	379,63	305,01	378,96	305,00	378,28	305,00	377,60	305,00
Выход	85,00	300,00	225,00	300,00	225,00	300,00	225,00	300,00	225,00	300,00	225,00

Таблица А.7 – Рецептúra приготовления кекса с использованием овсяной муки

Сырье	Содержание сухого вещества	Расход сырья на 300 г готового изделия									
		Образец №1 5 %		Образец №2 10 %		Образец №3 15 %		Образец №4 20 %		Образец №5 25%	
		в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ
Мука в/с	85,50	107,03	91,51	101,40	86,70	95,77	81,88	90,13	77,06	84,5	72,25
Мука овсяная	80,00	6,02	4,82	12,04	9,63	18,06	14,45	24,08	19,27	30,10	24,08
Сахар-песок	99,85	73,01	72,90	73,01	72,90	73,01	72,90	73,01	72,90	73,01	72,90
Масло сливочное	84,00	65,00	54,60	65,00	54,60	65,00	54,60	65,00	54,60	65,00	54,60
Меланж	27,00	58,89	15,90	58,89	15,90	58,89	15,90	58,89	15,90	58,89	15,90
Арахис	94,00	29,69	27,91	29,69	27,91	29,69	27,91	29,69	27,91	29,69	27,91
Пудра сахарная	99,85	3,61	3,60	3,61	3,60	3,61	3,60	3,61	3,60	3,61	3,60
Эссенция	-	0,60	-	0,60	-	0,60	-	0,60	-	0,60	-
Аммоний	-	0,30	-	0,30	-	0,30	-	0,30	-	0,30	-
Итого	-	344,15	271,24	344,54	271,24	344,93	271,24	345,31	271,24	345,70	271,24
Выход	85,00	300,00	263,56	300,00	263,56	300,00	263,56	300,00	263,56	300,00	263,56

Таблица А.8 – Рецептúra приготовления кекса с использованием муки из экструдированного голозерного овса

Сырье	Содержание сухого вещества	Расход сырья на 300 г готового изделия									
		Образец №1 5 %		Образец №2 10 %		Образец №3 15 %		Образец №4 20 %		Образец № 5 25%	
		в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ
Мука в/с	85,50	107,03	91,51	101,40	86,70	95,77	81,88	90,13	77,06	84,5	72,25
Мука овсяная	80,00	6,02	4,82	12,04	9,63	18,06	14,45	24,08	19,27	30,10	24,08
Сахар-песок	99,85	73,01	72,90	73,01	72,90	73,01	72,90	73,01	72,90	73,01	72,90
Масло сливочное	84,00	65,00	54,60	65,00	54,60	65,00	54,60	65,00	54,60	65,00	54,60
Меланж	27,00	58,89	15,90	58,89	15,90	58,89	15,90	58,89	15,90	58,89	15,90
Арахис	94,00	29,69	27,91	29,69	27,91	29,69	27,91	29,69	27,91	29,69	27,91
Пудра сахарная	99,85	3,61	3,60	3,61	3,60	3,61	3,60	3,61	3,60	3,61	3,60
Эссенция	-	0,60	-	0,60	-	0,60	-	0,60	-	0,60	-
Аммоний	-	0,30	-	0,30	-	0,30	-	0,30	-	0,30	-
Итого	-	344,15	271,24	344,54	271,24	344,93	271,24	345,31	271,24	345,70	271,24
Выход	85,00	300,00	263,56	300,00	263,56	300,00	263,56	300,00	263,56	300,00	263,56

Таблица А.9 – Рецептúra приготовления кекса с использованием муки из экструдированного пленчатого овса

Сырье	Содержание сухого вещества	Расход сырья на 100 г готового изделия									
		Образец №1 5 %		Образец №2 10 %		Образец №3 15 %		Образец №4 20 %		Образец № 5 25%	
		в нату- ре	СВ	в на- туре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ	в нату- ре	СВ
Мука в/с	85,50	107,03	91,51	101,40	86,70	95,77	81,88	90,13	77,06	84,50	72,25
Мука овсяная	80,00	5,67	4,82	11,33	9,63	16,70	14,45	22,67	19,27	28,33	24,08
Сахар-песок	99,85	73,01	72,90	73,01	72,90	73,01	72,90	73,01	72,90	73,01	72,90
Масло сливочное	84,00	65,00	54,60	65,00	54,60	65,00	54,60	65,00	54,60	65,00	54,60
Меланж	27,00	58,89	15,90	58,89	15,90	58,89	15,90	58,89	15,90	58,89	15,90
Арахис	94,00	29,69	27,91	29,69	27,91	29,69	27,91	29,69	27,91	29,69	27,91
Пудра сахарная	99,85	3,61	3,60	3,61	3,60	3,61	3,60	3,61	3,60	3,61	3,60
Эссенция	-	0,60	-	0,60	-	0,60	-	0,60	-	0,60	-
Аммоний	-	0,30	-	0,30	-	0,30	-	0,30	-	0,30	-
Итого	-	343,80	271,24	343,80	271,24	343,87	271,24	343,90	271,24	342,93	271,24
Выход	85,00	300,00	263,56	300,00	263,56	300,00	263,56	300,00	263,56	300,00	263,56

Приложение Б

Таблица Б.1 – Химический состав печенья с использованием муки из ячменя

Вещество	Сырье								Количество, внесенное с сырьем	Коэффициент сохранности	Химический состав готового изделия
	Мука пшеничная	Мука ячменная	Маргарин	Сахарная пудра	Меланж	Крахмал	Па-тока	Соль			
Белки, г	6,49	0,73	0,32	0	0,31	Сл.	0	0	7,85	1	7,85
Жиры, г	0,78	0,1	8,8	0	0,3		Сл.	0	9,98	1	9,98
Углеводы, г											
Усвояемые	42,05	3,74	1,06	23,34	0,02	3,91	2,4	0	76,52	1	76,52
Неусвояемые	2,1	0,73	-	0	0	0,07	0	0	2,9	1	2,9
Пищевые волокна, г	2,11	0,41							2,52	1	2,52
Органические кислоты	0	0	0,03	0,007	Сл.	0		0	0,037	1	0,037
Минеральные вещества											
Натрий	1,8	0,67	8,1	0,23	1,75	0,3	2,4	193	208,25	1	208,25
Калий	73,40	9,81	1,38	0,7	3,78	0,75	0,9	0,04	91	1	91
Кальций	10,82	3,87	1,28	0,46	1,36	2,0	0,8	1,8	22,39	1	22,39
Магний	9,62	4,20	0,1	сл	1,34	0	0,4	0,11	15,77	1	15,77
Железо	0,72	0,05	0,02	0,07	0,07	0,7	Сл	0,01	0,94	1	0,94
Витамины, мг											
β-каротин	0	0	0,03	0	0	Сл.	0	0	0,03	0,8	0,024
В ₁	0,1	0,02	Сл.	0	0,001	0,04	0	0	0,16	0,8	0,128
В ₂	0,02	0,006	Сл.	0	0,01	0,01	0	0	0,046	0,92	0,04
РР	0,72	0,17	0,008	0	0,004	0,11	0	0	1	0,8	0,8

Таблица Б.2 – Химический состав печенья с использованием муки из экструдированного голозерного ячменя

Вещество	Сырье								Количество, внесенное с сырьем	Коэффициент сохранности	Химический состав готового изделия
	Мука пшеничная	Мука из экструдированного голозерного ячменя	Маргарин	Сахарная пудра	Меланж	Крахмал	Па-тока	Соль			
Белки, г	6,43	0,8	0,32	0	0,31	Сл.	0	0	7,86	1	7,86
Жиры, г	0,77	0,2	8,8	0	0,3		Сл.	0	10,07	1	10,07
Углеводы, г											
Усвояемые	41,62	3,8	1,06	23,34	0,02	3,91	2,4	0	76,15	1	76,15
Неусвояемые	2,08	1,06	-	0	0	0,07	0	0	3,21	1	3,21
Пищевые волокна, г	2,08	0,46							2,54	1	2,54
Органические кислоты	0	0	0,03	0,007	Сл.	0	0	0	0,037	1	0,037
Минеральные вещества											
Натрий	1,78	2,2	8,1	0,23	1,75	0,3	2,4	193	209,76	1	209,76
Калий	72,65	30,26	1,38	0,7	3,78	0,75	0,9	0,04	110,46	1	110,46
Кальций	10,71	6,27	1,28	0,46	1,36	2,0	0,8	1,8	24,68	1	24,68
Магний	9,52	10,02	0,1	сл	1,34	0	0,4	0,11	21,49	1	21,49
Фосфор	51,21	23,58	2,02	Сл.	4,56	3,85	1,5	0,4	87,12	1	87,12
Железо	0,71	0,5	0,02	0,07	0,07	0,7	Сл	0,01	2,08	1	2,08
Витамины, мг											
β-каротин	0	0	0,03	0	0	Сл.	0	0	0,03	0,8	0,024
В ₁	0,1	0,02	Сл.	0	0,001	0,04	0	0	0,161	0,8	0,128
В ₂	0,02	0,008	Сл.	0	0,01	0,01	0	0	0,048	0,92	0,044
РР	0,71	0,3	0,008	0	0,004	0,11	0	0	1,13	0,8	0,9

Таблица Б.3 – Химический состав печенья с использованием муки из экструдированного пленчатого ячменя

Вещество	Сырье								Количество, внесенное с сырьем	Коэффициент сохранности	Химический состав готового изделия
	Мука пшеничная	Мука из экструдированного пленчатого ячменя	Маргарин	Сахарная пудра	Меланж	Крахмал	Па-тока	Соль			
Белки, г	6,43	0,87	0,32	0	0,31	Сл.	0	0	7,93	1	7,93
Жиры, г	0,77	0,23	8,8	0	0,3		Сл.	0	10,1	1	10,1
Углеводы, г											
Усвояемые	41,62	3,87	1,06	23,34	0,02	3,91	2,4	0	76,22	1	76,22
Неусвояемые	2,08	0	-	0	0	0,07	0	0	2,15	1	2,15
Органические кислоты	0	0	0,03	0,007	Сл.	0		0	0,037	1	0,037
Пищевые волокна, г	2,08	0,53							2,61	1	2,61
Минеральные вещества											
Натрий	1,78	2,4	8,1	0,23	1,75	0,3	2,4	193	209,96	1	209,96
Калий	72,65	30,39	1,38	0,7	3,78	0,75	0,9	0,04	110,59	1	110,59
Кальций	10,71	6,41	1,28	0,46	1,36	2,0	0,8	1,8	24,82	1	24,82
Магний	9,52	10,22	0,1	Сл.	1,34	0	0,4	0,11	21,69	1	21,69
Фосфор	51,21	23,71	2,02	Сл.	4,56	3,85	1,5	0,4	87,25	1	87,25
Железо	0,71	0,54	0,02	0,07	0,07	0,7	Сл.	0,01	2,12	1	2,12
Витамины, мг											
В-каротин	0	0	0,03	0	0	Сл.	0	0	0,03	0,8	0,024
В ₁	0,1	0,03	Сл.	0	0,001	0,04	0	0	0,17	0,8	0,137
В ₂	0,02	0,02	Сл.	0	0,01	0,01	0	0	0,06	0,92	0,05
РР	0,71	0,4	0,008	0	0,004	0,11	0	0	1,23	0,8	0,99

Таблица Б.4 –Химический состав кексов с использованием овсяной муки

Пищевые вещества	Сырье						Количество, внесенное с сырьем	Коэффициент сохранности	Химический состав готового изделия
	Мука пшеничная	Сахар-песок	Масло сливочное	Меланж	Соль	Мука овсяная			
Белки, г	5,25	-	0,17	2,5	-	0,023	7,94	1,00	7,94
Жиры, г	0,54	-	15,73	2,27	-	0,017	22,08	1,00	18,56
Углеводы усвояемые, г	26,22	24,25	0,28	0,14	-	0,54	51,47	1,00	51,47
Неусвояемые углеводы, г	0,05	0,03	-	-	-	0,13	0,21	1,00	0,21
Органические кислоты,	-	-	0,006	-	-	-	0,006	1,00	0,006
Пищевые волокна, г	1,18	-	-	-	-	0,18	1,36	1,00	1,36
Минеральные вещества, мг:									
Натрий	1,13	0,24	3,26	26,39	74,8	0,79	106,61	1,00	106,61
Калий	45,8	0,73	6,5	27,58	0,03	8,73	89,37	1,00	89,37
Кальций	6,75	0,73		10,34	0,97	1,07	19,86	1,00	19,86
Магний	6,01	-		2,36	0,19	0,68	9,24	1,00	9,24
Фосфор	32,3	-	6,5	37,82	-	0,9	77,52	1,00	77,52
Железо	0,45	0,073	0,043	0,49	-	0,13	1,19	1,00	1,19
β-каротин, мг	-	-	-	-	-		-	-	-
В ₁ , мг	0,09	-	0,003	0,014	-	0,002	0,11	0,80	0,088
В ₂ , мг	0,04	-	0,026	0,088	-	0,002	0,12	0,92	0,11
РР, мг	0,62	-	0,022	0,04	-	0,006	0,68	0,95	0,65
А, мг	-	-	0,088	0,05	-	0,001	0,14	1,00	0,14

Таблица Б.5 –Химического состава кексов с использованием муки из экструдированного голозерного овса

Пищевые вещества	Сырье						Количество, внесенное с сырьем	Коэффициент сохраняемости	Химический состав готового изделия
	Мука пшеничная	Сахар-песок	Масло сливочное	Меланж	Соль	Мука овсяная			
Белки, г	3,65	-	0,17	2,49	-	0,43	6,74	1,00	6,74
Жиры, г	0,44	-	15,71	2,26	-	0,05	18,46	1,00	18,46
Углеводы усвояемые, г	23,63	24,29	0,28	0,14	-	2,8	51,14	1,00	51,14
Неусвояемые углеводы, г	0,05	0,03	-	-	-	0,13	0,21	1,00	0,21
Органические кислоты, г	-	-	0,006	-	-	-	0,006	1,00	0,006
Пищевые волокна, г	1,18	-	-	-	-	0,2	1,37	1,00	1,37
Минеральные вещества, мг:									
Натрий	1,01	0,24	3,25	26,3	74,8	0,12	105,72	1,00	105,72
Калий	41,24	0,73	6,5	27,48	0,03	4,89	80,87	1,00	80,87
Кальций	6,08	0,73	5,84	10,8	0,97	0,72	25,14	1,00	25,14
Магний	5,41	-	-	2,36	0,19	0,64	8,6	1,00	8,6
Фосфор	29,07	-	7,3	37,7	-	3,45	77,52	1,00	77,52
Железо	0,41	0,07	0,043	0,49	-	0,05	1,063	1,00	1,063
β-каротин, мг	-	-	-	-	-	-	-	-	-
В ₁ , мг	0,06	-	0,003	0,014	-	0,007	0,084	0,80	0,0672
В ₂ , мг	0,01	-	0,026	0,088	-	0,001	0,125	0,92	0,115
РР, мг	0,41	-	0,022	0,04	-	0,05	0,522	0,95	0,496
А, мг	-	-	0,088	0,05	-	-	0,138	1,00	0,138

Таблица Б.6 –Химический состав кексов с использованием муки из экструдированного пленчатого овса

Пищевые вещества	Сырье						Количество, внесенное с сырьем	Коэффициент сохранности	Химический состав готового изделия
	Мука пшеничная	Сахар-песок	Масло сливочное	Меланж	Соль	Мука овсяная			
Белки, г	3,65	-	0,17	2,49		0,41	6,72	1,00	6,72
Жиры, г	0,44	-	15,71	2,26		0,05	18,46	1,00	18,46
Углеводы усвояемые, г	23,63	24,29	0,28	0,14		2,64	50,98	1,00	50,98
Неусвояемые углеводы, г	0,05	0,03	-	-		0,13	0,21	1,00	0,21
Органические кислоты, г	-	-	0,006	-		-	0,006	1,00	0,006
Пищевые волокна, г	1,18	-	-	-	-	0,24	1,42	1,00	1,42
Минеральные вещества, мг:									
Натрий	1,01	0,24	3,25	26,3		0,11	105,71	1,00	105,71
Калий	41,24	0,73	6,5	27,48		4,61	80,59	1,00	80,59
Кальций	6,08	0,73	5,2	10,8		0,68	23,49	1,00	23,49
Магний	5,41	-		-		0,6	6,01	1,00	19,86
Фосфор	29,07	-	6,5	37,69		3,25	76,51	1,00	76,51
Железо	0,41	0,07	0,04	0,49		0,04	1,05	1,00	1,05
β-каротин, мг	-	-	-	-	-	-	-	-	-
В ₁ , мг	0,06	-	0,002	0,01	-	0,006	0,078	0,80	0,0624
В ₂ , мг	0,01	-	0,03	0,09	-	0,001	0,131	0,92	0,12
РР, мг	0,41	-	0,02	0,04	-	0,04	0,51	0,95	0,48
А, мг	-	-	0,088	0,05	-	-	0,138	1,00	0,138

Таблица Б.7 – Химический состав булочек с использованием овсяной муки

Пищевые вещества	Сырье								Кол-во, внесенное с сырьем	Кoeffициент сохранности	Химический состав готового изделия
	Мука пшеничная	Сахар-песок	Дрожжи прессованные	Маргарин	Соль	Мука овсяная	Молоко сухое обезжиренное	Яйца			
Белки, г	7,71	-	0,25	0,02	-	1,48	0,15	0,38	9,99	1,00	9,99
Жиры, г	0,99	-	0,054	2,27	-	0,18	0,003	0,35	3,85	1,00	3,85
Углеводы усвояемые, г	53,47	9,98	-	0,14	-	9,6	0,23	0,021	73,44	1,00	73,44
Неусвояемые углеводы, г	2,67	-	-	-	-	0,48	-	-	3,15	1,00	3,15
Органические кислоты, г	-	-	-	-	-	-	0,007	-	0,007	1,00	0,007
Пищевые волокна, г	2,68	-	-	-	-	0,62	-	-	3,3	1,00	3,3
Минеральные вещества, мг:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Натрий	2,29	0,1	0,42	26,39	394,8	0,41	2,6	4,02	431,03	1,00	431,03
Калий	93,33	0,3	11,8	27,58	0,09	16,76	7,6	4,2	161,66	1,00	161,66
Кальций	13,77	0,3	0,54	10,34	3,75	2,47	6,3	1,65	39,12	1,00	39,12
Магний	12,24	-	1,02	2,36	0,22	2,2	0,75	0,36	19,24	1,00	19,24
Фосфор	65,79	-	8,0	37,82	-	11,8	4,75	5,76	133,92	1,00	133,92
Железо	0,92	0,03	0,064	0,49	0,03	0,15	0,005	0,075	1,764	1,00	1,764
Витамины	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β-каротин, мг	-	-	-	-	-	-	Сл.	-	-	-	-
В ₁ , мг	0,13	-	0,012	0,014	-	0,02	0,2	0,021	0,4	0,80	0,32
В ₂ , мг	0,03	-	-	0,088	-	0,005	0,007	0,01	0,166	0,92	0,15
РР, мг	0,92	-	0,228	0,04	-	0,16	0,005	0,006	1,381	0,95	1,31
А, мг	-	-	-	0,05	-	-	Сл.	0,007	0,145	1,00	0,145

Таблица Б.8 – Химический состав булочек с использованием муки из экструдированного голозерного овса

Пищевые вещества	Сырье								Количество, внесенное с сырьем	Коэффициент сохранности	Химический состав готового изделия
	Мука пшеничная	Сахар-песок	Дрожжи прессованные	Маргарин	Соль	Мука овсяная	Молоко сухое обезжиренное	Яйца			
Белки, г	7,71	-	0,25	0,02	-	1,35	0,15	0,38	9,86	1,00	9,86
Жиры, г	0,99	-	0,054	2,27	-	0,16	0,003	0,35	3,83	1,00	3,83
Углеводы усвояемые, г	53,47	9,98	-	0,14	-	8,74	0,23	0,021	72,58	1,00	72,58
Неусвояемые углеводы, г	2,67	-	-	-	-	0,44	-	-	3,11	1,00	3,11
Органические кислоты, г	-	-	-	-	-	-	0,007	-	0,007	1,00	0,007
Пищевые волокна, г	2,68	-	-	-	-	0,63	-	-	3,31	1,00	3,31
Минеральные вещества, мг:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Натрий	2,29	0,1	0,42	26,39	394,8	0,37	2,6	4,02	430,96	1,00	430,96
Калий	93,33	0,3	11,8	27,58	0,09	16,26	7,6	4,2	161,16	1,00	161,16
Кальций	13,77	0,3	0,54	10,34	3,75	2,25	6,3	1,65	38,90	1,00	38,90
Магний	12,24	-	1,02	2,36	0,22	2,0	0,75	0,36	19,04	1,00	19,04
Фосфор	65,79	-	8,0	37,82	-	10,76	4,75	5,76	132,88	1,00	132,88
Железо	0,92	0,03	0,064	0,49	0,03	0,15	0,005	0,075	1,764	1,00	1,764
Витамины	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β-каротин, мг	-	-	-	-	-	-	Сл.	-	-	-	-
В ₁ , мг	0,13	-	0,012	0,014	-	0,02	0,2	0,021	0,4	0,80	0,32
В ₂ , мг	0,03	-	-	0,088	-	0,005	0,007	0,01	0,166	0,92	0,15
РР, мг	0,92	-	0,228	0,04	-	0,16	0,005	0,006	1,381	0,95	1,31
А, мг	-	-	-	0,05	-	-	Сл.	0,007	0,145	1,00	0,145

Таблица Б.9 – Химический состав булочек с использованием муки из экструдированного пленчатого овса

Пищевые вещества	Сырье								Количество, внесенное с сырьем	Коэффициент сохраняемости	Химический состав готового изделия
	Мука пшеничная	Сахар-песок	Дрожжи прессованные	Маргарин	Соль	Мука овсяная	Молоко сухое обезжиренное	Яйца			
Белки, г	7,71	-	0,25	0,02	-	1,39	0,15	0,38	9,89	1,00	9,89
Жиры, г	0,99	-	0,054	2,27	-	0,17	0,003	0,35	3,84	1,00	3,84
Углеводы усвояемые, г	53,47	9,98	-	0,14	-	8,97	0,23	0,021	72,81	1,00	72,81
Неусвояемые углеводы, г	2,67	-	-	-	-	0,45	-	-	3,12	1,00	3,12
Органические кислоты, г	-	-	-	-	-	-	0,007	-	0,007	1,00	0,007
Пищевые волокна, г	2,68	-	-	-	-	0,76	-	-	3,44	1,00	3,44
Минеральные вещества, мг:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Натрий	2,29	0,1	0,42	26,39	394,8	0,38	2,6	4,02	430,99	1,00	430,99
Калий	93,33	0,3	11,8	27,58	0,09	15,65	7,6	4,2	160,55	1,00	160,55
Кальций	13,77	0,3	0,54	10,34	3,75	2,31	6,3	1,65	38,96	1,00	38,96
Магний	12,24	-	1,02	2,36	0,22	2,05	0,75	0,36	19,09	1,00	19,09
Фосфор	65,79	-	8,0	37,82	-	11,03	4,75	5,76	133,15	1,00	133,15
Железо	0,92	0,03	0,064	0,49	0,03	0,15	0,005	0,075	1,764	1,00	1,764
Витамины	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β-каротин, мг	-	-	-	-	-	-	Сл.	-	-	-	-
В ₁ , мг	0,13	-	0,012	0,014	-	0,02	0,2	0,021	0,4	0,80	0,32
В ₂ , мг	0,03	-	-	0,088	-	0,005	0,007	0,01	0,166	0,92	0,15
РР, мг	0,92	-	0,228	0,04	-	0,16	0,005	0,006	1,381	0,95	1,31
А, мг	-	-	-	0,05	-	-	Сл.	0,007	0,145	1,00	0,145

Приложение В

Таблица В.1 – Пищевая ценность образца печенья

Показатель	Контрольный образец	Образец с заменой 10% ячменной мукой			Образец с заменой 10% экструдированным зерном ячменя		Образец с заменой 10% экструдированным голозерным зерном ячменя	
	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Белки, г	7,85	9,23	7,85	9,23	7,93	9,32	7,86	9,24
Жиры, г	9,96	9,76	9,98	9,78	10,1	9,9	10,07	9,87
Углеводы усвояемые, г	77,46	20,27	76,52	20,03	76,22	19,96	76,15	19,94
Органические кислоты	0,04	2	0,037	1,85	0,037	1,48	0,037	2
ПВ, г	2,34	9,36	2,52	10,08	2,61	10,44	2,54	10,16
Минеральные вещества, мг								
Натрий	208	4,16	208,25	4,165	209,96	4,20	209,76	4,20
Калий	89,1	2,55	91	2,6	110,59	3,15	110,46	3,15
Кальций	19,7	2,46	22,39	2,8	24,82	3,10	24,68	3,09
Магний	12,6	3,15	15,77	3,94	21,69	5,42	21,49	5,37
Фосфор	69,8	5,81	82,44	6,87	87,25	7,27	87,12	7,26
Железо	1,67	11,13	2,08	13,86	2,12	14,13	2,8	13,86
Витамины, мг								
В ₁	0,02	1,17	0,128	1,17	0,137	1,17	0,02	1,17
В ₂	0,05	2,5	0,04	2,5	0,05	2,5	0,05	2,5
РР	0,72	3,78	0,8	3,78	0,99	3,78	0,9	4,73
Энергетическая ценность, ккал	431		427,41		427,6		426,78	

Таблица В.2 – Пищевая ценность образца кексов

Показатель	Контрольный образец		Образец с заменой 10% овсяной мукой		Образец с заменой 10% экструдированным зерном овса		Образец с заменой 10% экструдированным голозерным зерном овса	
	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Белки, г	7,92	9,32	7,94	9,34	6,72	7,9	6,74	7,93
Жиры, г	9,96	9,76	22,08	21,65	18,46	18,10	18,46	18,10
Углеводы усвояемые, г	77,46	20,27	51,47	13,47	50,98	13,35	51,14	13,39
Органические кислоты,	0,04	2	0,006	0,024	0,006	0,3	0,006	0,3
ПВ, г	1,31	5,24	1,36	5,44	1,42	5,68	1,37	5,48
Минеральные вещества, мг								
Натрий	208	4,16	106,61	2,66	105,71	2,64	105,72	2,6
Калий	89,1	2,55	89,37	3,57	80,59	3,22	80,87	3,23
Кальций	19,7	2,46	19,86	2,5	23,49	2,96	25,14	3,17
Магний	12,6	3,15	9,24	2,31	6,01	1,5	8,6	2,15
Фосфор	69,8	5,81	77,52	6,46	76,51	6,37	77,52	6,46
Железо	1,67	11,13	1,19	9,92	1,05	8,75	1,063	8,86
Витамины, мг								
В ₁	0,02	1,17	0,088	5,18	0,0624	3,67	0,0672	3,91
В ₂	0,05	2,5	0,11	5,5	0,12	6,0	0,115	5,75
РР	0,72	3,78	0,65	3,42	0,48	2,53	0,496	2,61
Энергетическая ценность, ккал	431		436,37		396,96		400,69	

Таблица В.3 – Пищевая ценность образца булочек

Показатель	Контрольный образец		Образец с заменой 15% овсяной мукой		Образец с заменой 15% экструдированным зерном овса		Образец с заменой 15% экструдированным голозерным зерном овса	
	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Содержание в 100 г продукта	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Белки, г	7,85	9,23	9,99	11,75	7,93	11,63	9,86	11,6
Жиры, г	9,96	9,76	3,85	3,77	3,84	3,76	3,83	3,75
Углеводы усвояемые, г	77,46	20,27	73,44	19,22	72,81	19,06	72,58	19,0
Органические кислоты,	0,04	2	0,007	0,35	0,007	0,35	0,007	0,35
ПВ, г	2,34	9,36	3,3	13,2	3,44	13,76	3,31	13,24
Минеральные вещества, мг								
Натрий	208	4,16	431,8	7,19	430,99	7,18	430,96	7,18
Калий	89,1	2,55	161,66	3,23	160,55	3,21	161,16	3,22
Кальций	19,7	2,46	39,12	4,93	38,96	4,91	38,90	4,89
Магний	12,6	3,15	19,24	4,81	19,09	4,77	19,04	4,76
Фосфор	69,8	5,81	133,92	11,16	133,15	11,09	132,88	11,07
Железо	1,67	11,13	1,764	14,7	1,764	14,7	1,764	14,7
Витамины, мг								
В ₁	0,02	1,17	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
В ₂	0,05	2,5	0,15	7,5	0,15	7,5	0,15	7,5
РР	0,72	3,78	1,31	6,89	1,31	6,89	1,31	6,89
Энергетическая ценность, ккал	431		368,39		365,38		364,25	

Приложение Г

Таблица Г.1 – Безопасность зерна ячменя до и после экструдирования

Показатель	Пленчатый ячмень	Экструдированный пленчатый ячмень	Голозерный ячмень	Экструдированный голозерный ячмень
Свинец, мг	0,113±0,01	0,026±0,009	0,076±0,009	0,087±0,009
Кадмий, мг	0,011±0,003	0,019±0,003	0,010±0,002	0,181±0,003
Ртуть, мг	0,006±0,0001	0,003±0,0001	0,005±0,0001	0,002±0,0001
ОМЧ (общее микробное число)	2526800	39000	2345600	36500
Наличие патогенных грибов	Penicillium 73750 Mukorracemosus 1000	Не выделено	Penicillium 73750 Mukorracemosus 1236	Не выделено

Таблица Г2 – Безопасность зерна ячменя до и после экструдирования

Показатель	Пленчатый овес	Экструдированный пленчатый овес	Голозерный овес	Экструдированный голозерный овес
Свинец, мг	0,112±0,009	0,046±0,009	0,120±0,009	0,087±0,009
Кадмий, мг	0,009±0,003	0,014±0,003	<0,001±0,003	0,085±0,003
Ртуть, мг	0,008±0,0002	0,005±0,0002	0,006±0,0002	0,003±0,0002
ОМЧ (общее микробное число)	1698000	36000	1475000	27600
Наличие патогенных грибов	Penicillium 73750 Mukorracemosus 22500 AspergWentil 10400	Не выявлено	Penicillium 67330 Mukorracemosus 16900 AspergWentil 8900	Не выявлено

Научное издание

**ЭКСТРУЗИОННАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ И ОВСА
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МУКИ И МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ,
ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Янова Марина Анатольевна
Иванова Татьяна Сергеевна**

Редактор Е.А. Семеркова

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 24.10.2014. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л.7,5.Тираж 500 экз. Заказ № 542

Издательство Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117